L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

TOME XXII

1913

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

TOME XXII

1913

74381. — PARIS, IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR É. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien, Fondé de pouvoirs de la Société Leclanché et Cie;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE EDISON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ED. GUILLAUME, Sous-directeur du bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;

MM.

MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Electricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, Ingénieur-Constructeur, de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITE
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
E. THURNAUER, Administrateur délégué de la Cie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

RÉDACTEUR EN CHEF : ALFRED SOULIER

TOME XXII

1913

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARR.)

22e Année. — N° 505. 10 Janvier 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44

SOMMAIRE

Informations. — La Commission électrotechnique internationale. — L'électrification de l'Ouest-État. — Résultats d'expériences sur l'emploi des moteurs avec pôles auxiliaires sur les tramways. — Les accidents dus à l'électricité en Angleterre en 1911. — Les nouveaux postes téléphoniques de l'Etat 1

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Braux. Pézenas. Saint-Jean-de-Luz. Willems. — *Colonie* : Sfax. 4

L'usine hydraulico-électrique de Rjukan (Norwège). **F. Loppé** . 5

Le calcul des machines a courant alternatif (*suite*) 9

La lampe a arc-flamme en Angleterre. **H. Marchand** 14

Académie des sciences. — *Séance du 4 novembre* : Les actions opposées du champ magnétique sur la conductibilité électrique des gaz raréfiés en fonction de la valeur du champ et du degré de vide, par **H. Stassano** 17

Séance du 11 *novembre* 1912 : Sur des phénomènes de pseudo-résonance électrique, par **G. Claude** 17

Séance du 18 *novembre* 1912 : Sur un galvanomètre amorti à aimant mobile, par **Ch. Féry** 18

Jurisprudence. — Un concessionnaire qui déclare abandonner sa concession avant d'avoir commencé l'exécution doit-il indéfiniment la clause pénale? **Paul Bougault** 19

Revue de la presse. — *Electrothermie* : Le four à induction dans la pratique. — *Installations* : Téléphonie sans fil dans les mines. — *Moteurs électriques* : Mise en marche de moteurs à courant continu sans résistances de démarrage. Etude du freinage dans les moteurs monophasés série. Influence du courant de démarrage des gros moteurs sur une installation de transport d'énergie. — *Moteurs thermiques* : Le moteur à huile Junkers. 22

Brevets d'invention 24

MM. les Abonnés dont l'abonnement expirait fin décembre sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

La Commission électrotechnique internationale. — Son but. — Ses projets. — Les machines et appareils électriques sont aujourd'hui devenus des accessoires indispensables dans tous les établissements industriels. Une entente internationale portant sur le sens exact des termes et expressions techniques, sur la définition de la puissance des appareils, sur les méthodes employées pour leur essai est devenue, en conséquence, d'une importance capitale.

L'industrie électrique est fondée sur des connaissances communes à toutes les nations civilisées; mais la terminologie en usage dans les divers pays a souvent, pour des termes analogues, des significations très différentes de l'un à l'autre. Il serait très avantageux à l'ingénieur de pouvoir formuler ses spécifications en termes rigoureusement équivalents à ceux en usage dans toutes les contrées où l'on fait usage d'appareils analogues. Bien des erreurs seraient ainsi évitées.

Il ne peut y avoir qu'avantage et bénéfice, pour l'acheteur aussi bien que pour le vendeur, à ce que l'évaluation de la puissance des machines électriques soit la même en tous pays. Actuellement, un moteur de 10 kilowatts par exemple n'est pas nécessairement un moteur de 10 kilowatts partout, car cette qualification d'un moteur donné varie avec les bases acceptées dans les différents pays pour les essais de puissance et de rendement. Pour la sincérité des transactions commerciales, ces bases devraient incontestablement être les mêmes dans le monde entier,

Ces divers problèmes sont actuellement l'objet d'études approfondies.

Les Américains ont été les premiers à faire une étude sérieuse de classification des machines électriques. En 1899, l'American Institute of Electrical Engineers chargea de l'étude de la question une Commission présidée par le Dr Francis B. Crocker. Les autres pays suivirent peu à peu cet exemple, et les différents rapports élaborés ont été d'une utilité incontestable pour les industriels qui en ont adopté les conclusions.

En 1901, sous les auspices de l'Institution of Civil Engineers, fut fondé en Angleterre le British Engineering Standards Committee, dans lequel Sir William Preece et le colonel R. E. Crompton représentèrent l'Institution of Electrical Engineers. Ce Comité mit à jour des travaux très remarquables se rapportant à toutes les branches de l'art de l'ingénieur.

Au Congrès de Saint-Louis, en 1904, le colonel Crompton donna communication d'un Mémoire sur la *Spécification des machines électriques*, communication qui fut suivie d'une discussion des plus animées.

Beaucoup de délégués sentirent alors que le moment était venu où l'on devait considérer ces différents problèmes comme des questions internationales, et comprirent qu'une collaboration internationale organisée était nécessaire pour en mener à bien les solutions.

Reconnaissant que les différents Congrès tenus de temps à autre étaient de bien trop courte durée pour permettre une étude approfondie des questions à l'étude, la Chambre des délégués des gouvernements au Congrès d'Électricité de Saint-Louis adopta à l'unanimité la formation d'une Commission internationale. Une telle organisation apparaissait seule capable de pouvoir soutenir l'effort continu indispensable à l'étude et à la solution de toutes ces questions.

Tels sont, brièvement résumées, les principaux faits qui ont conduit à la formation de la Commission électrotechnique internationale.

Les années qui ont suivi ont été employées à créer l'organisation de cette Commission, œuvre ardue si l'on songe aux distances qui séparent les correspondants, aux explications à donner à tant de personnes de nationalités diverses et à toutes les difficultés de début d'une telle entreprise. On peut considérer aujourd'hui que la Commission est en bonne voie d'obtenir des résultats pratiques.

Les questions en ce moment à l'étude et pour lesquelles des résultats partiels ont été déjà obtenus et sanctionnés en 1911, lors de la réunion plénière de la Commission à Turin (Italie) sont : la *nomenclature*; les *symboles*; le *sens de rotation des vecteurs*, la *spécification des machines électriques*.

Sur la question extrêmement difficile de nomenclature et terminologie, des travaux préparatoires de grande importance ont été faits par divers Comités nationaux, qui ont établi des listes alphabétiques de termes avec leurs définitions. Ces travaux ont bien mis en relief toute la difficulté du sujet.

Pour simplifier l'étude en la fragmentant, la Commission a décidé, à la demande du Comité allemand, d'aborder l'étude des termes en les groupant par sujets, et le sujet actuellement sur le chantier est celui des machines électriques.

Cette méthode a produit d'excellents résultats; une première liste de termes avec leurs définitions données en les langues officielles de la Commission (anglais et français) a été adoptée à Turin.

Cette liste s'augmentera peu à peu par le résultat des travaux du Comité spécial de nomenclature renommé à Turin, et dont une réunion a eu lieu récemment à Paris.

En matière de symboles : l'adoption internationale des lettres *I*, *E*, *R* pour la représentation respective du courant de la force électromotrice et de la résistance dans l'expression de la loi d'Ohm, montre bien quel remarquable esprit de désintéressement et de conciliation animait les délégués des divers pays. Cette décision unanime est du meilleur augure pour le succès des travaux de la Commission; il aurait été certainement impossible de l'obtenir avant la création de la Commission, tant il paraissait douteux que les Anglais consentissent à abandonner la notation *C* pour le courant, et les Allemands *W* pour la résistance.

Une décision de Turin a précisé aussi le sens de rotation des vecteurs, ou plus exactement le mode de représentation des phases dans les figurations géométriques des problèmes relatifs aux courants alternatifs. Ainsi se trouvent supprimées les difficultés nées des conventions différentes adoptées par les divers auteurs.

Enfin, le Comité spécial des symboles poursuit l'étude de l'unification des lettres symboles, et s'efforce ainsi d'obtenir également l'uniformité dans les expressions analytiques des mêmes problèmes.

L'établissement d'une *classification des machines* par entente internationale semblait devoir présenter beaucoup de difficultés, comparativement aux questions précédentes. Aussi l'étude en a-t-elle été abordée avec toutes les précautions désirables pour tenir compte des divergences possibles entre les règles en vigueur dans les différents pays. Un souci tout particulier est de laisser la porte grande ouverte aux progrès journaliers de l'industrie, en donnant aux réglementations une souplesse qui leur permette de se plier aux transformations incessantes dans la technique de la construction. Les Comités, étant permanents, seront appelés à faire eux-mêmes des révisions périodiques de leurs travaux afin de les mettre en harmonie avec les changements qui auront pu survenir.

L'importance question de la *puissance des machines* est en cours d'étude. On a reconnu d'abord que les règlements en usage dans les divers pays présentent beaucoup moins de divergences dans le fond que dans la forme, et que les difficultés d'arriver à un texte uniforme seront probablement moindres qu'il n'avait été prévu. De grands pas ont pu être faits lors de la réunion récente, à Paris, du Comité spécial.

La préparation du travail de la Commission internationale par des Comités spécialisés où figurent les délégués des huit ou dix principales nations intéressées, a donné les meilleurs résultats, et des propositions nouvelles seront, sans nul doute, sanctionnées lors de la réunion plénière qui aura lieu à Berlin en 1913.

La Commission électrotechnique internationale est maintenant l'émanation de 22 pays. En dehors de ceux-ci : la République Argentine, la Chine, l'Équateur, le Guatemala, la Nouvelle-Zélande, le Panama, le Pérou, le Portugal, la Roumanie, le Siam et l'Afrique du Sud ont manifesté tout l'intérêt qu'ils prenaient à ses travaux, et il est certain que des Comités nationaux ne tarderont pas à être constitués dans quelques-uns de ces pays.

L'expérience des réunions déjà tenues a permis de constater quelle bonne volonté et quelle cordialité les délégués apportaient à leur collaboration. Tous ont compris qu'ils travaillaient au bénéfice de tous, acheteurs ou vendeurs, et en somme, pour le bien public. On peut ajouter que les relations si cordiales qu'établissent entre les membres des divers Comités leurs réunions périodiques assez fréquentes, sont encore un facteur d'une importance qui n'est pas négligeable pour la pain du monde.

L'électrification de la banlieue de l'Ouest-État. — Les transformations que vient d'entreprendre l'Ouest-État sont nécessitées à la fois par l'amélioration du service des grandes lignes et par l'électrification des lignes de banlieue.

M. le député Perrissoud a exposé dans son rapport sur le budget des chemins de fer, l'état dans lequel se trouvent les travaux ainsi que les mesures prises pour en assurer l'exécution.

Ces travaux, dont le programme général fut pris en considération par décision ministérielle du 18 août 1910, ont été déclarés d'utilité publique par le décret du 9 mai 1912. Mais bien avant cette dernière date, le réseau avait entrepris les études définitives, procédé à de nombreuses acquisitions de terrains, et commencé l'exécution d'un assez grand nombre d'ouvrages.

Le projet d'électrification comprend les groupes de lignes suivantes :

Paris-Saint-Lazare à Auteuil et au Champ-de-Mars (groupe dit d'Auteuil); Paris-Saint-Lazare à Versailles R. D. et Chantiers, à Issy-Embranchement et à Saint-Nom-la-Bretèche (groupe de Versailles); Paris-Saint-Lazare à Saint-Germain-en-Laye (groupe de Saint-Germain-en-Laye); Paris-Saint-Lazare à Mantes et à Pontoise, par Maisons-Laffitte et Argenteuil (groupe d'Argenteuil); Saint-Germain-État à Saint Germain-Grande-Ceinture.

Chacune des lignes électrifiées aura deux voies.

Les quatre voies des groupes d'Auteuil et de Saint-Germain entreront en plongée, les premières à la gare des Batignolles, et les secondes à partir du pont Berthier, et viendront aboutir à la gare souterraine qui va être construite à Paris-Saint-Lazare. Les deux groupes de Versailles et d'Argenteuil auront leurs quais et leurs voies de départ et d'arrivée dans la gare supérieure, à l'endroit où se trouvent, actuellement, les voies d'Auteuil.

L'importance des travaux variant avec chaque ligne, on a été amené à sérier la mise en service des lignes électriques en procédant par ligne ou section de ligne et en commençant par celles dont les travaux pourront être terminés dans les délais les plus courts.

Voici l'ordre de ces travaux :

Première phase : Ligne d'Argenteuil entre Paris et Asnières; ligne de Versailles, entre Paris et Bécon;

Deuxième phase : ligne de Versailles, au delà de Bécon; ligne des Moulineaux et de l'Étang-la-Ville;

Troisième phase : ligne de Saint-Germain, au delà de Bécon; ligne d'Argenteuil, au delà d'Asnières.

La plupart des projets de travaux intéressant ces lignes ont été approuvés et sont en voie d'exécution. C'est ainsi que le matériel roulant électrique nécessaire à l'exploitation des sections de la première zone d'électrification est en construction.

Le rapporteur du budget prévoit que les principaux travaux seront achevés fin 1914 pour les lignes de la première zone; la deuxième et la troisième zone suivront chacune à un intervalle d'une année environ.

En ce qui concerne la ligne Paris-Saint-Lazare-Auteuil-Champ-de-Mars, la commission du budget, estimant que les ressources financières pouvant résulter de l'électrification ne permettraient pas d'engager cette opération a décidé de *s'opposer à l'électrification* de cette ligne.

La fourniture de l'énergie électrique. — D'après les projets primitifs, l'État fournissait lui-même l'énergie nécessaire pour l'électrification des lignes de banlieue. Une usine génératrice d'électricité devait être édifiée sur les terrains achetés, d'ailleurs, à cet effet, près du pont de Bezons, et l'usine électrique des Moulineaux devait être agrandie et recevoir de nouveaux aménagements, grâce auxquels sa production aurait pu être portée jusqu'à 25000 kilowatts.

Cependant, à la suite des différentes études, l'administration supérieure reconnut qu'il convenait de faire appel à la concurrence et d'avoir recours, dans ce but, à une adjudication publique.

Un concours fut donc ouvert et les concurrents remirent leurs dossiers le 8 octobre dernier, dont deux seulement ont été retenus ayant fait les mêmes conditions. Le ministère des travaux publics a d'ailleurs fait connaître, par dépêche en date du 11 octobre, qu'il ne voyait aucun inconvénient à ce que le réseau procède à l'adjudication de la fourniture d'énergie électrique dans les conditions déterminées par le cahier des charges.

D'après le cahier des charges, l'adjudicataire doit prendre possession de l'usine électrique des Moulineaux, qui fournit déjà l'énergie de la ligne de Paris-Invalides-Versailles et des terrains dont l'administration des chemins de fer de l'État a fait l'acquisition près du pont de Bezons.

Le cahier des charges prévoit le cas où le preneur fournirait l'énergie, soit au moyen d'usines hydro-électriques (transport de l'énergie du Rhône à Paris, par exemple), soit avec des stations établies dans la région du bassin houiller du Nord.

Dans ce cas les usines à vapeur déjà installées dans la région parisienne, pour la fourniture de l'énergie électrique au réseau devront être constamment « conservées en feu » pour pouvoir fonctionner comme usines de secours.

La puissance demandée pourra atteindre jusqu'à 25000 kilowatts aux Moulineaux et 40000 kilowatts au pont de Bezons.

Le courant sera envoyé à 15000 volts aux sous-stations qui le transformeront en courants continus à 650 volts.

Le contrat a une durée de trente années. Il est exigé de l'adjudicataire un cautionnement de 1500000 francs.

Comme il s'agit d'assurer le fonctionnement d'un service public et continu très important, le réseau se réserve le droit d'exercer un contrôle permanent, tant sur la construction que sur l'exploitation.

Le matériel devra être exclusivement de provenance française, et, pour l'exploitation, le personnel sera complètement français.

Telles sont les conditions dans lesquelles s'opère l'électrification des lignes de banlieue des chemins de fer de l'Ouest-État. C'est là une des améliorations accomplies par l'État sur le réseau de l'Ouest, qui rendra les plus signalés services aux habitants de la région parisienne.

Résultats d'expériences sur l'emploi des moteurs avec pôles auxiliaires sur les tramways (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 3 octobre.) — MM. le Dr Eisig et Bacqueyrisse ont fait à ce sujet des communications au Congrès international des tramways et lignes secondaires de Christiania, en 1912.

Tandis que Bacqueyrisse, s'appuyant sur des considérations théoriques, conclut des réponses de 45 compagnies, que le moteur avec pôle de commutation est absolument supérieur, Eisig dit qu'il ne peut encore se prononcer.

Les deux rapporteurs sont d'accord pour constater que l'usure du collecteur et des balais, ainsi que les étincelles sont moindres qu'avec le moteur ordinaire, surtout dans le cas de freinage électrique.

Le moteur à collecteur peut supporter une tension plus élevée et permet un plus grand nombre de vitesses différentes, il permet une économie de courant de 5 à 15 pour 100; ce dernier avantage se manifeste plutôt sur des lignes présentant plus de déclivités.

De courtes interruptions de courant, avec un champ faible, comme cela se produit au passage des interrupteurs de section, semblent n'avoir aucune mauvaise conséquence; cependant Eisig recommande de n'avoir pas une charge trop élevée au moment où le courant se rétablit. Dans le cas de freinage avec diminution de l'intensité du champ, les moteurs avec pôles auxiliaires s'excitent trop lentement; malgré cela Bacqueyrisse recommande d'utiliser normalement le freinage électrique. Il prétend que le poids des moteurs avec pôles auxiliaires, pour la même puissance, est moins élevé et le prix de revient à peine plus grand que les moteurs ordinaires, tandis qu'Eisig arrive à la conclusion contraire. Eisig dit aussi que la question de savoir si le moteur à pôles auxiliaires doit avoir sa puissance normale pour l'excitation totale ou pour un champ faible n'est pas encore résolue. Le premier cas devrait être préféré quand le freinage électrique est normal, le second dans le cas de lignes à faibles inclinaisons et stations très éloignées les unes des autres. F. L.

Les accidents dus à l'électricité, en Angleterre, pendant l'année 1911. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 31 octobre.) — Comme tous les ans, le rapport pour 1911 de l'inspection générale de l'industrie en Angleterre contient un chapitre spécial concernant les accidents dus à l'électricité.

On y constate, en première ligne, la fréquence des accidents qui ont atteint les agents chargés du nettoyage des installations de distribution. Malgré les règlements les plus sévères les règles de sécurité les plus élémentaires sont négligées; en particulier, le nombre des accidents dus au contact de parties sous courant est très considérable. Le rapport fait remarquer qu'il serait indispensable d'avoir un appareil simple et offrant toute sécurité, qui indiquerait si un conducteur est sous tension ou non.

Le nombre des accidents, en 1911, a augmenté en comparaison de celui de l'année précédente dans le rapport de 74 à 58. Le rapporteur fait cependant remarquer que malgré l'augmentation extraordinaire de l'emploi de l'électricité dans les fabriques, depuis 10 ans, le nombre des accidents a relativement peu augmenté. Depuis 1907, année pendant laquelle on a édicté des règlements très sévères pour l'emploi de l'électricité dans les fabriques, le nombre des accidents s'est en somme peu accru.

Il y a lieu de remarquer le nombre d'accidents dus à des lampes transportables défectueuses. Comme les années précédentes, le rapport met en garde contre l'emploi du gaz dans certains cas, particulièrement au point de vue hygiénique.

Les tableaux suivants donnent un aperçu du nombre des accidents et de leurs causes. Les chiffres entre parenthèses se rapportent aux cas suivis de morts.

TABLEAU I. — ACCIDENTS DANS LES STATIONS CENTRALES ET SOUS-STATIONS.

NATURE DES ACCIDENTS.	CENTRALES APPARTENANT A DES COMMUNAUTÉS ET CENTRALES DE TRAMWAYS.	AUTRES STATIONS.
Non électriques :		
Causés par :		
a. Des machines, pompes et générateurs	18	4
b. Des chaudières et installations de vapeur	39	6
c. Des installations de transport de charbon	18 (1)	3
d. Des chutes	76 (5)	8 (1)
e. Des objets tombés	28	»
f. Divers	91 (1)	17
Totaux	270 (7)	38 (1)
Électriques :		
g. A des tableaux de distribution en service normal, soit par suite de construction défectueuse, ou de fautes du personnel	12	5
h. Lors du nettoyage d'installations de distribution, pendant que celles-ci étaient en service	27 (3)	2
i. Lors du nettoyage d'installations de distribution lorsque celles-ci étaient soi-disant non en service	3 (1)	»
k. Pendant le maniement des balais et le nettoyage des collecteurs	9	3
l. Divers	12	1
Totaux	63 (4)	11

TABLEAU II. — ACCIDENTS DUS A L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MANUFACTURES.

Nature des accidents.	Nombre.
Par suite de la formation d'arcs :	
A des interrupteurs	37
A des appareils de sécurité	10
Chocs ou brûlures pendant le remplacement de fusibles	28
Causés par des appareils transportables, des liaisons flexibles, etc.	62 (2)
Causés par des conducteurs, interrupteurs, appareils de sécurité non protégés	23
Par suite de travail à des conducteurs ou à proximité de ceux-ci :	
Ouvriers exercés	41
Ouvriers non exercés	21
Accidents divers dans des fabriques d'appareils électriques, principalement dans les locaux d'essais	36 (1)
Lors du maniement de balais et du nettoyage de collecteurs	2
Divers	27
Totaux	290 (3)

F. L.

Les télégraphes et les téléphones en Suisse. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 3 octobre.) — A la fin de 1910, la longueur des lignes télégraphiques et téléphoniques de la Suisse était :

	Aériennes km.	Souterraines km.
Lignes télégraphiques	3 515	99
Lignes téléphoniques	16 549	695
Lignes mixtes	3 525	346

La longueur des fils télégraphiques était de 21 735 km, celle des câbles télégraphiques 4286 km, celle des fils téléphoniques, de 48 448 km et celle des câbles téléphoniques de 7359 km. Il y avait 78 736 postes téléphoniques répartis entre 425 réseaux, le canton de Zurich a le plus grand nombre de postes, 9101; puis, viennent Genève avec 6260 postes; Bâle avec 5008, Berne avec 3683. Il y a 27 bureaux centraux dans lequel le service se fait sans interruption jour et nuit. Le nombre des employés pour les télégraphes et les téléphones était de 5564. F. L.

Les Nouveaux postes téléphoniques de l'État. — Est-il vrai que notre excellente administration des P. T. T. vient de passer une commande d'appareils téléphoniques suédois représentant une valeur de près de 10 000 francs?

Quand est-ce que cette bienveillante administration se souciera un peu plus des constructeurs-électriciens français qui ont créé un outillage spécial en vue de répondre à ses exigences? Que l'on adopte un modèle unique d'appareil, nous n'y voyons certes pas d'inconvénients, mais au moins que l'on donne les commandes en adjudication aux maisons françaises dont le goût dans les formes extérieures à donner aux postes et les soins apportés à leur fabrication n'ont pas encore été dépassés. Quand est-ce que finiront ces tracasseries sans nom de nos bureaucrates omnipotents et irresponsables?

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Braux (Ardennes). — *Éclairage.* — Les Ardennes Électriques sont nommées concessionnaires de l'éclairage de la commune de Braux.

Pézenas (Hérault). — *Éclairage.* — Il est question d'installer l'éclairage électrique à Pézenas.

Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées). — *Éclairage.* — Le contrat d'éclairage électrique a été approuvé par la municipalité.

Willems (Nord). — *Distribution d'énergie.* — La Société Électricité et Gaz du Nord a présenté un projet de distribution d'énergie électrique. Ce projet va être soumis à l'enquête.

COLONIES

Sfax (Tunisie). — *Usine municipale.* — La municipalité, en raison des frais de gestion que nécessite l'usine électrique, a décidé de demander à l'État d'autoriser la vente de cette usine à une *société* ou à un *particulier*.

L'USINE HYDRAULICO-ÉLECTRIQUE DE RJUKAN

(NORVÉGE)

L'Industrie électrique a donné, dans le numéro du 10 novembre, une étude détaillée des alternateurs de 10 000 kw (10 500 v) de l'usine de Rjukan, qui est actuellement la plus puissante qui existe en Europe. Il nous a paru intéressant de donner quelques renseignements sur cette installation, effectuée par un groupe financier français, allemand et norvégien, d'après les données de M. Eyde, l'ingénieur norvégien bien connu par ses études sur la fabrication du salpêtre au moyen de l'arc électrique. La plupart de ces renseignements sont empruntés à une conférence faite par M. I. Ruf, ingénieur à Baden (Suisse), à la section de Paris de l'Union technique suisse. Nous donnerons, du reste, dans un des prochains numéros de *l'Industrie électrique* une étude très intéressante du même ingénieur sur la fabrication du salpêtre, au moyen de l'arc électrique.



Fig. 1. — Partie supérieure de la chute de Rjukan.

La Norvège possède de nombreux cours d'eau et lacs de montagne, ce qui permet d'établir sans dépenses exagérées des usines hydrauliques; ce qui a entravé jusqu'ici le développement normal de ces installations est le manque de débouchés pour l'énergie, car la Norvège a peu de centres industriels et de villes importantes. On avait bien installé quelques usines pour la fabrication de la pâte de bois, mais ce n'est que grâce aux progrès récents de l'électrochimie, notamment dans la fabrication des produits nitrés, que l'on peut songer à l'utilisation en grand de l'énergie naturelle en Norvège.

M. Sadren, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en Norvège, estime à près 3 millions de kilowatts, la puissance hydraulique, pratiquement utilisable dans ce pays; il y a actuellement 500000 kw utilisés, et on compte que dans les dix prochaines années, on en aménagera encore environ 400000 pour l'industrie de l'azote et 100000 pour diverses autres industries.

La première usine de salpêtre de Nottoden et celle de Rjukan, qui lui succède, utilisent des chutes d'un affluent du fleuve Skien, qui vient se jeter dans le fjord de Langensund, à 110 km au sud-ouest de Christiania.

Le bassin du Maan ou Moself, rivière qui alimente l'usine de Rjukan, a une surface d'environ 1475 km² et comprend le lac de Moes (fig. 2) d'une superficie de 52,6 km², situé à 902 m au-dessus de la mer; au débouché de ce lac, la rivière parcourt sur une distance de 52 km la vallée bien connue de Westfjord et se jette dans le lac de Tin, qui est à l'altitude de 190 m; la différence de niveau entre les deux lacs est donc de 712 m, et la pente moyenne du Maan, d'environ 22 m par km.

Au sortir du lac de Tin, la rivière, qui prend alors le nom de ce lac, parcourt la vallée de Hitterdal, et se jette dans le Skin ; c'est une chûte du Tin qu'utilise l'usine de Nottoden.

Le débit du Maan, avant les travaux de régularisation,

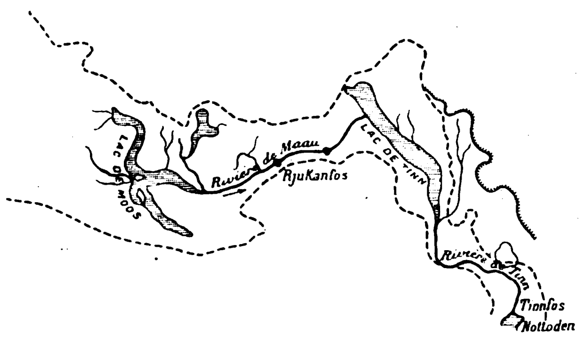


Fig. 2.

était très inégal, il tombait à 5 m³ par seconde en basses eaux et dépassait 300 m³ par seconde pendant les hautes eaux.

Comme la situation géographique et climatérique du lac de Moes empêche toute végétation, l'élévation de son niveau au moyen d'une digue n'entraînant aucune perte de culture, les autorisations pour sa construction ont été faciles à obtenir.

La digue a 10 m de hauteur (sa crête est donc à la cote 912) et la quantité d'eau emmagasinée par suite de sa construction est de 750 millions de m³, ce qui, d'après les calculs, permet d'assurer un débit constant de 45 à 50 m³ par seconde.

L'eau provenant du lac est amenée à deux chutes, successives : la première, utilisée à l'usine de Rjukan située à l'altitude de 600 m, a une hauteur utile de 276 m, déduction faite des pertes par frottement dans les conduites. La deuxième chute, d'une hauteur utile de 250 m, sera utilisée plus tard par la société qui a fait construire l'usine de Rjukan.

Les puissances moyennes utiles des chutes sont donc respectivement de 130000 et 117000 chevaux, de sorte que l'on aura finalement une puissance disponible de 250000 chevaux.

L'usine de Rjukan, dont l'emplacement a été choisi à cause des circonstances locales, se trouve sur la rive droite du Maan, à environ 140 m au-dessus de son lit ; la seconde usine sera établie à proximité de la rivière.

A environ 8 km en aval de l'emplacement du barrage du lac, le Maan formait deux cascades (fig. 1 et 3), dont l'inférieure a 104 m de hauteur, c'est la célèbre Rjukanfos (*fos* veut dire *chute* en norvégien), qui, à l'époque des hautes eaux se signale de très loin par le nuage de poussière d'eau qui s'en dégage; c'est une des merveilles de la Norvège. Au point de vue artistique, il est certainement regrettable de la voir disparaître.



Fig. 3. — Le Rjukanfos.

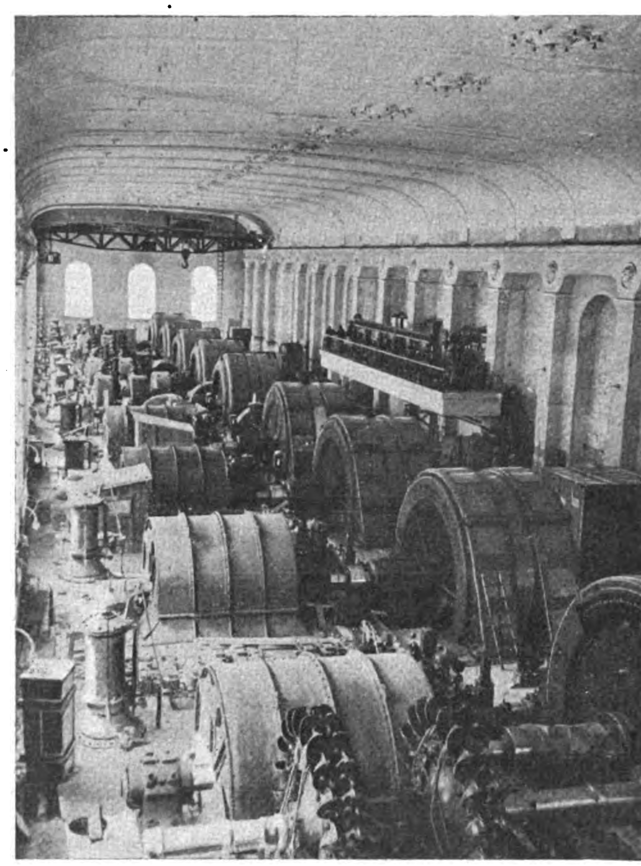


Fig. 4. — Vue d'ensemble de l'usine de Rjukan.

Au-dessus de la première chute (fig. 3) on a construit un barrage de 10 m de hauteur de manière à amener les eaux de la rivière à un tunnel de 4,25 km de longueur creusé dans le rocher. Ce tunnel, construit pour un débit de 47 m³ par seconde, a une section de 26 m² et aboutit au château d'eau de l'usine de Rjukan.

De ce château partent 10 conduites forcées en acier, de 2 m de diamètre à la partie supérieure, 1,25 m à la partie inférieure et une longueur d'environ 700 m. Chacune de ces conduites forcées dessert un des groupes turbine-alternateur de l'usine de Rjukan (fig. 4, 5 et 6).

L'eau sortant du canal de fuite de l'usine de Rjukan sera amenée par un canal de 5,5 km de longueur au château d'eau de l'usine inférieure, à construire.

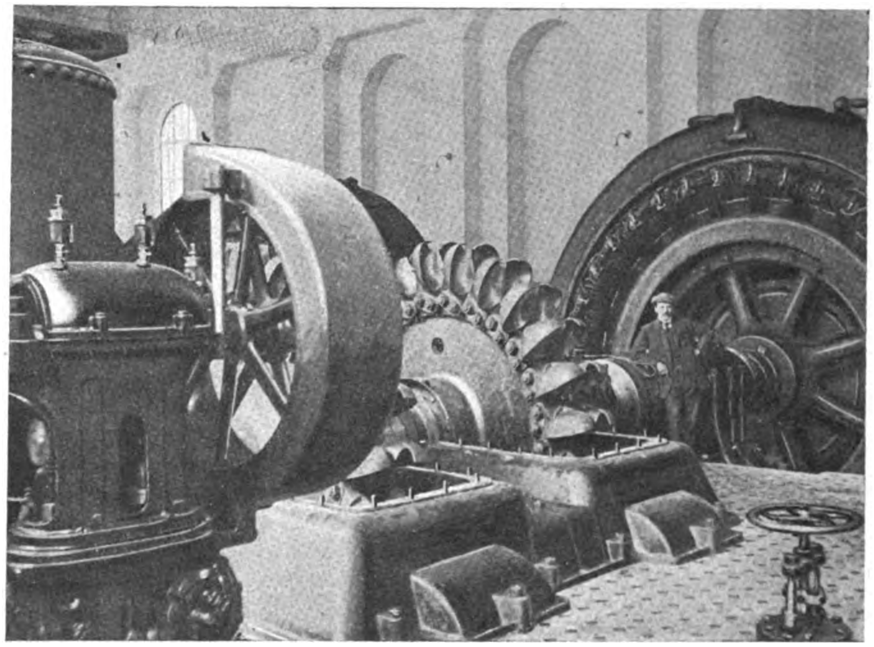


Fig. 5. — Vue d'un alternateur et de sa turbine Pelton.

Les turbines de l'usine de Rjukan, qui proviennent de la maison Escher Wyss, de Zurich, et de la société Voigt, de Heidenheim, sont des doubles roues Pelton ayant 2 jets par roue. Dans neuf groupes, les alternateurs doubles de 8500 kv-A (10500 v environ) sont montés en tandem ; dans le dixième, les deux stators sont couplés électriquement, formant ainsi une machine unique de 17000 kv-A.

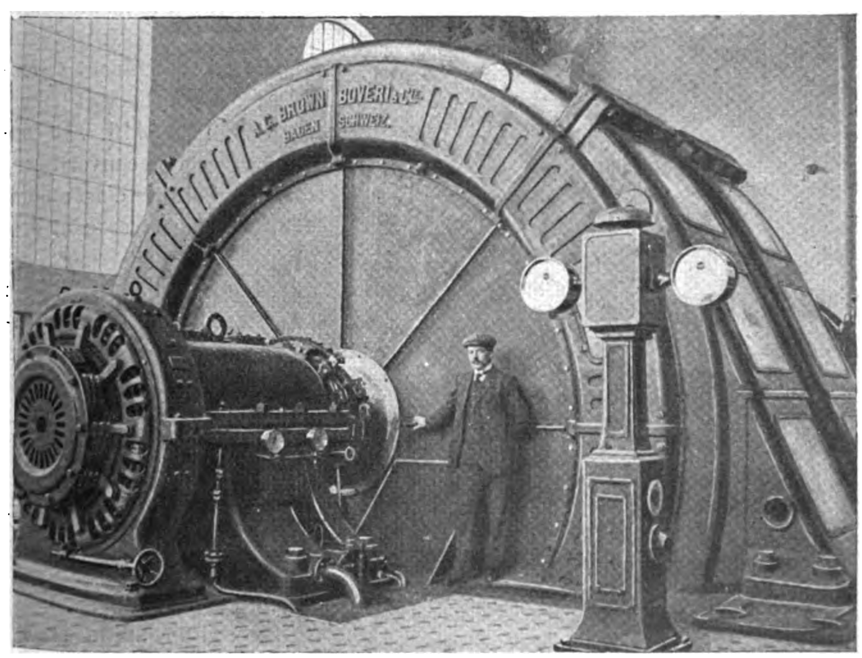


Fig. 6. — Alternateur double de 8500 kv-A.

Outre ces dix groupes, on en a installé un de 1000 kw- pour le service de l'usine et pour leur fournir une excitation de secours.

Pour assurer le bon fonctionnement d'une pareille usine, il faut naturellement centraliser autant que possible toutes les commandes. Les disjoncteurs de machines, ceux de lignes, les instruments de mesure, etc., sont placés dans des pupitres disposés sur un balcon (fig. 7) au milieu du long côté de la salle des machines tout contre le bâtiment des départs.

L'intérieur des pupitres est aisément accessible pour faciliter la révision et les réparations.

Le courant des machines passe en premier lieu dans de fortes bobines de self-induction avant d'arriver aux disjoncteurs.

Il y a deux jeux de barres générales, l'un installé au rez-de-chaussée, l'autre au premier étage.

Les disjoncteurs des machines et des lignes peuvent au besoin être isolés; les sectionneurs de départs sont à six pôles, et dans la position ouvert, ils mettent les lignes à la terre.

Comme on le verra plus loin, il y a dix doubles lignes parallèles de conducteurs de départ, chacune de ces lignes correspondant à une des turbines; sur les lignes placées vers l'extérieur on a disposé des parafoudres électrolytiques, sur les autres des parafoudres

Wurtz, ayant chacun une résistance liquide en série, et en parallèle d'autres parafoudres à distance explosive, munie de cornes avec une résistance liquide en série.

Pour le service de l'usine (éclairage et énergie motrice),

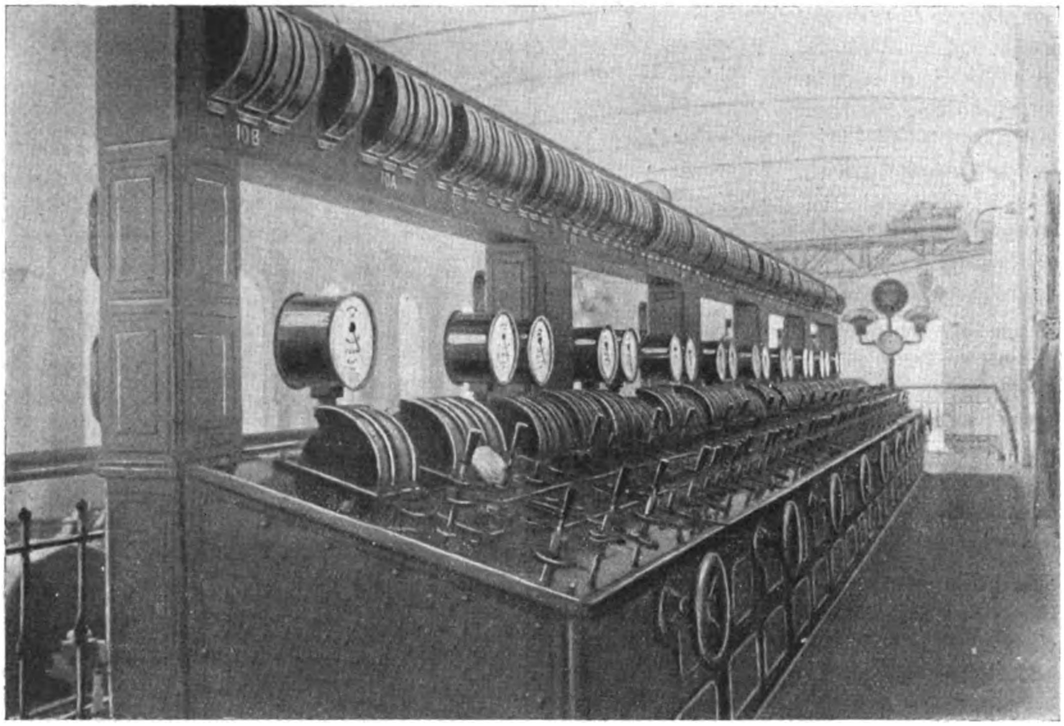


Fig. 7. — Pupitres de commande des machines.

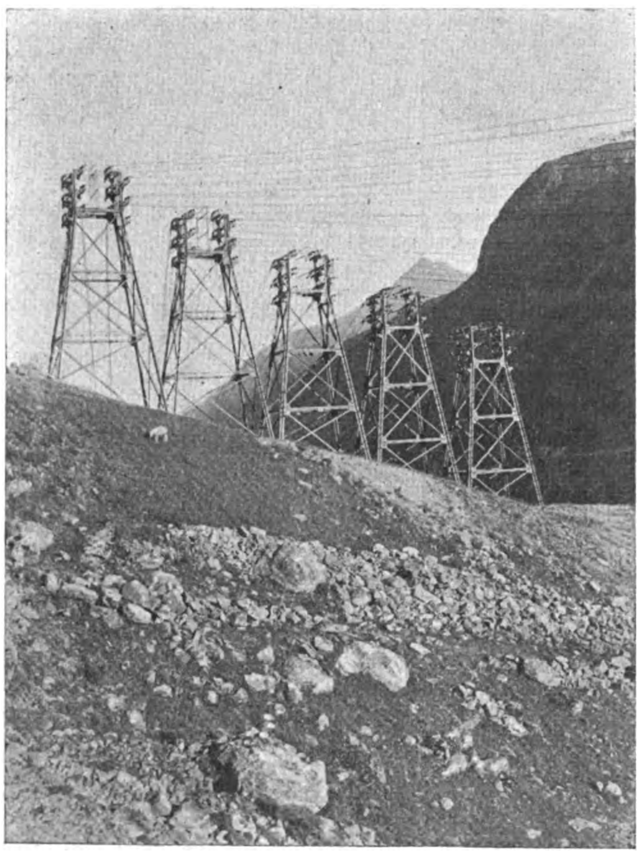


Fig. 8. — Les lignes et leurs supports.

on emploie du courant triphasé à 220 v; le tableau de service de cette distribution se trouve sur le même balcon que les pupitres.

Tous les appareils commandés à distance sont actionnés par du courant continu à 220 v; les lampes témoin sont alimentées par du courant continu à 110 v. Le courant continu est fourni par un petit groupe convertisseur et est monté à 3 fils 2×110 v. Une batterie d'accumulateur de 2×60 éléments Tudor sert de réserve et dessert l'éclairage de secours.

Toute l'installation de tableaux et de l'appareillage a été faite par la société française Westinghouse, les appareils de mesure sont du système de la maison Siemens et Halske.

Le bâtiment de la fabrique de nitrates, dont les fours sont alimentés par l'usine de Rjukan, n'a pas pu, à cause des difficultés du terrain, être installé à proximité de celle-ci; il se trouve à environ 5 km de l'autre côté du Maan. La pose de la ligne a été très difficile, car le terrain est très accidenté.

Comme la sécurité d'exploitation est d'une importance primordiale pour une usine de produits chimiques où un arrêt du service peut avoir des conséquences désastreuses, on a renoncé à une ligne de transport unique; chaque demi-génératrice des neuf premiers groupes correspond à une ligne spéciale, et en outre, par raison de symétrie, au dixième groupe correspondent 2 lignes ; de sorte que l'on a en tout 20 lignes à 3 fils.

Ces lignes sont établies par groupes de 4, sur des

poteaux métalliques, de sorte que l'on a en somme 5 lignes de poteaux parallèles absolument indépendantes (fig. 8).

Chaque poteau supporte donc 12 conducteurs; les 3 conducteurs d'un même circuit ne sont pas disposés en triangle, mais dans un plan vertical.

De chaque côté de l'axe du poteau sont disposés les deux circuits correspondant à un groupe de génératrices de la même turbine, et comme des treillis séparateurs sont installés sur ces poteaux, quand on travaille à la réparation d'un des circuits, on n'a besoin d'arrêter que la turbine qui le commande.

Chaque circuit doit transporter 8500 kv-A (avec cos $\varphi = 0{,}6$); la tension à la fabrique doit être de 9500 v; la tension au départ de l'usine est d'environ 10 500 v.

La ligne est constituée sur les deux tiers de sa longueur de câbles d'aluminium et sur l'autre tiers, où l'on craignait particulièrement l'influence des tourbillons de vent, de câbles de cuivre; les portées sont en moyenne de 100 m.

Les câbles de cuivre, de 150 mm² de section, sont à 37 fils; ceux en aluminium, de 300 mm² de section, sont à 19 fils.

F. Loppé.

LE

CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(suite) [1]

Constitution et disposition des conducteurs. — On est conduit parfois à sectionner les conducteurs, qu'ils soient continuducteurs ou alternoducteurs, lorsque, par leur position, ils sont exposés à être traversés par des flux variables.

En effet, si nous nous reportons à la formule, établie précédemment, de la puissance dissipée dans un conducteur, siège d'une variation de flux sinusoïdale; si nous supposons dans cette formule $\omega = 314$, ce qui correspond à la fréquence 50, $\mathcal{B}_m = 1000$, $a = 1$ cm, $l = 1$, $\mathcal{E} = 1$, $\alpha = 2.10^5$, ce qui correspond à un cube de cuivre de 1 cm de côté situé dans un tel champ, nous trouvons pour la puissance dissipée 0,2 watt, alors que la perte Joule, en supposant une densité de courant de 2 ampères par mm², est de 0,08 watt, c'est-à-dire 2,5 fois plus petite. Un gros conducteur, exposé à une induction variable, telle que celle que nous venons d'admettre et qui est cependant faible, doit donc être sectionné. Il ne suffit pas que ce conducteur soit constitué par un certain nombre de fils fins parallèles; il faut que ces fils fins soient toronés, c'est-à-dire enroulés en hélice, de manière qu'il ne puisse pas y avoir dans chacun d'eux de tension importante pouvant donner lieu à des différences de potentiel importantes entre eux, et par conséquent à des courants de circulation importants. En prenant cette précaution de toroner les fils, il est inutile de les isoler individuellement, la petite couche d'oxyde ou de graisse existant naturellement sur chacun d'eux est suffisante pour empêcher les courants de circulation de s'établir.

Le sectionnement donnant le moins de perte de place est celui qui correspond au nombre de fils : 7, 19, 37... et qui permet de les disposer concentriquement (fig. 21).

Quelquefois, sans que cela soit nécessaire, on emploie des câbles ainsi constitués, au lieu de barres pleines pour la commodité de la main-d'œuvre, ces câbles étant plus souples.

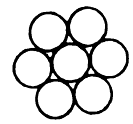


Fig. 21.

Les enroulements que l'on a à réaliser avec des fils, des barres ou des câbles peuvent se classer en deux catégories principales : 1° les bobines proprement dites, faites sur le tour, et qui prennent leur place dans les bobines de self-inductance, les transformateurs et les inducteurs d'alternateurs; 2° les enroulements auxquels, par extension, on donne encore le nom de bobines, et qui prennent leur place dans les induits d'alternateurs et dans les stators et rotors des moteurs synchrones; on réalise quelquefois ces enroulements sur forme de manière à diminuer la main-d'œuvre.

1° Même lorsque les circuits magnétiques qu'elles enveloppent sont à section rectangulaire, on a intérêt à donner

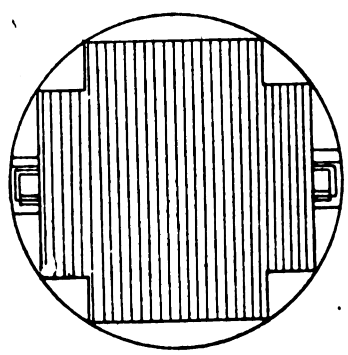


Fig. 22.

parfois aux bobines une section circulaire pour la facilité du travail, dans ce cas, afin de perdre moins de place, on donne au circuit magnétique une section un peu plus complexe que le rectangle, en forme de croix (fig. 22).

On peut faire les bobines avec des joues destinées à retenir les fils coniquement ou en pile de boulets.

Naturellement, lorsque la bobine est sur un continufluxeur, les joues, de même que le support cylindrique peuvent être en bronze ou laiton, ou métal quelconque; mais lorsque la bobine est sur un alternofluxeur ou un ondulofluxeur, les joues et le support cylindrique doivent être en matière isolante ou sectionnés de manière à ne

[1] Conférences de M. Boucherot. Voy. l'*Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov., p. 485-490, n° 502 du 25 nov., p. 514 et n° 504 du 25 déc., p. 555.

pas former des circuits fermés. Lorsqu'on se passe de joues, il faut maintenir les fils au moyen de rubans judicieusement posés et compter une diminution d'une spire à chaque couche que l'on superpose; si p est le nombre de spires par couche, n le nombre de couches, le nombre total de spires n'est que :

$$vn - n\left(\frac{n-1}{2}\right)$$

tandis qu'avec une bobine à joues, il peut être pn.

En thèse générale, les conducteurs des bobines qui sont destinés aux bobines de self, transformateurs, inducteurs d'alternateurs, n'ont pas besoin d'être sectionnés; on emploie le fil ou la barre pleine. La barre posée sur champ et isolée simplement par un bon papier donne, lorsqu'elle peut être employée, une bobine d'un bel aspect et qui, de plus, a l'avantage d'avoir une température uniforme dans sa masse.

Dans les bobines de fil, on peut isoler le fil au moyen de une, deux ou trois couches de coton, suivant que la différence de potentiel entre deux fils voisins est plus ou moins élevée; il faut alors compter que le diamètre du fil est augmenté d'environ 0,2 millimètre par couche de coton. L'isolement à une couche de coton seulement est assez dangereux et on ne l'emploie que pour les fils très fins dans les petits appareils où la place est restreinte et les différences de potentiel entre fils, faibles. Il vaut mieux chaque fois qu'on le peut, mettre deux guipages, et l'on admet dans ce cas, avec des ouvriers d'une habileté moyenne, jusqu'à 100 volts entre deux fils voisins, pour un échauffement normal.

Mais on peut être conduit à une différence de potentiel plus grande, on peut alors adopter trois guipages si la différence de potentiel n'est pas très supérieure à 100 v. Ce n'est évidemment jamais entre les deux extrémités d'une même spire que l'on a 100 volts de différence de potentiel, mais, une bobine ayant p spires par couche, si la tension par spire est U, il y a entre la première spire

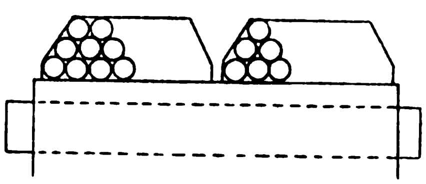


Fig. 23.

de la première couche et la dernière de la seconde couche, une différence de potentiel de $2\,pU$ qui peut atteindre quelquefois plusieurs centaines de volts.

Dans ce cas on sectionne la bobine en plusieurs bobines élémentaires, de manière que, dans chacune d'elles le produit $2\,pU$ ne dépasse pas 100 volts (fig. 23).

Les fils doivent être isolés non seulement entre eux, mais à la masse. Jusqu'à 3000 volts on peut se contenter d'un isolement à la masse, par du papier, à raison de 1 mm par 1000 volts Au delà, il est bon d'employer la micanite, à raison de 0,5 mm par 1000 volts, et en l'insérant dans du papier pour la protéger mécaniquement. De même, pour l'isolement entre primaire et secondaire dans un transformateur.

Sur les tubes isolants servant de supports, les fils ne doivent pas venir à fleur des extrémités; il est bon de laisser environ 1 cm par 1000 volts avec un minimum de 1 cm.

2° Les fils des enroulements peuvent se loger, soit sur des noyaux lisses, soit dans des encoches qui peuvent être ouvertes ou fermées. Eu égard aux fréquences élevées ordinairement usitées, les induits lisses ne sont pas employés, alors qu'ils peuvent l'être dans certaines machines à courant continu.

La formule de dissipation de puissance que nous avons établie dans le cas d'une induction variant sinusoïdalement en fonction du temps prend plus généralement la forme :

$$p = \frac{l\varepsilon^2 a \left(\frac{d\mathcal{B}}{dt}\right)^2}{12\,\rho} \quad \text{(C.G.S.)}.$$

L'induit lisse n'est pas à employer; en effet :

Supposons un alternateur ayant comme pas polaire 25 cm, c'est-à-dire, si la fréquence est de 50 périodes

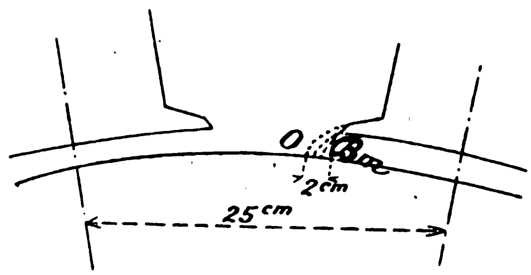


Fig. 24.

par seconde, une vitesse périphérique de 25 m par seconde. Supposons (fig. 24) que, lorsque l'on se déplace sur l'induit dans le sens du mouvement, l'induction à l'entrée sous le pôle varie uniformément de 0 à $\mathcal{B}_m$ sur une longueur que nous prendrons de 20 mm. L'entrée dans le champ d'un conducteur dure donc 1/1250 seconde; $\frac{d\mathcal{B}}{dt}$ pendant cette entrée a donc pour valeur $1250\,\mathcal{B}_m$, et la puissance dissipée devient :

$$P = \frac{130\,000\; l\,\varepsilon^3\, a\, \mathcal{B}^2_m}{\rho}.$$

Appliquons cette formule en faisant $a = 0{,}4$ cm, $\varepsilon = 0{,}4$ cm, $l = 1$ cm, $\mathcal{B}_m = 5000$, $\rho = 2.10^5$, c'est-à-dire en supposant un conducteur de cuivre (fig. 25), de section carrée pour simplifier, de 4 mm de côté, de 1 cm de longueur, entrant dans un champ de 5000 gauss. Il vient $P =$ 4,15 watts.

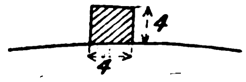


Fig. 25.

Mais ces 4,15 watts ne sont dépensés que pendant 1/1250 seconde, ce qui correspond à 0,0033 joule. Cette

perte se produit 4 fois par période puisqu'il y a deux entrées et deux sorties pendant une période, c'est-à-dire 200 fois par seconde. La puissance moyenne dissipée est donc de 0,66 watt. Comparons-lui la puissance dissipée dans l'effet Joule, en supposant qu'on fasse passer 3 ampères par mm² dans ce conducteur, c'est-à-dire 50 ampères. La perte par effet Joule est ainsi :

$$\frac{2.10^6 . 50^2}{0,16} = 0,031 \text{ watt.}$$

Ainsi donc, dans le cas, qui ne comporte aucune exagération, d'un conducteur de 16 mm², c'est-à-dire encore petit, placé sur un induit lisse, la perte par courants de Foucault est 20 fois plus grande que la perte par effet Joule ; ce qui oblige à renoncer aux induits lisses.

On peut se demander si les courants de Foucault produits dans un conducteur n'ont pas pour effet d'augmenter par leur présence la résistance de ce conducteur au passage du courant principal.

En effet, un courant orienté dans un sens à une époque quelconque, venant se superposer aux courants de Fou-

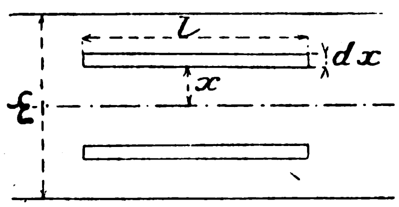


Fig. 26.

cault, la densité de courant, du côté où les courants de Foucault sont de même sens que le courant principal, est beaucoup plus grande que du côté opposé où ils sont de sens contraire. La densité de courant n'est plus uniforme dans le conducteur, et, à priori, il se peut que l'effet Joule correspondant au courant principal se trouve augmenté. Voyons donc la chose de plus près (fig. 26). Considérons, comme nous l'avons fait pour le calcul des pertes par courants de Foucault, un filet conducteur de largeur dx, de longueur l, placé à une distance x de l'axe du conducteur, d'épaisseur a et de résistivité ρ. Si di est le courant passant dans ce filet et u, la chute de potentiel entre ses extrémités, on a :

$$u = \rho \frac{l}{a} \frac{di}{dx} + l x \frac{d\mathcal{B}}{dt}$$
$$= l \left(\frac{\rho}{a} \frac{di}{dx} + x \frac{d\mathcal{B}}{dt} \right)$$

u est évidemment le même pour tous les filets de même longueur, quel que soit leur x, s'il en est bien ainsi

$$\frac{du}{dx} = 0,$$

c'est-à-dire que :

$$\frac{\rho}{a} \frac{d^2 i}{dx^2} = \frac{d\mathcal{B}}{dt}$$

puisque $\mathcal{B}$ est supposé le même dans toute la surface du conducteur. Il en résulte que le courant total passant dans le conducteur, qui est ici le courant venant de l'extérieur, variable suivant une fonction quelconque du temps est :

$$i = \frac{a}{\rho} \left[-\frac{1}{2} \frac{d\mathcal{B}}{dt} x^2 + C_1 x + C_2 \right]_{-\frac{\varepsilon}{2}}^{+\frac{\varepsilon}{2}} = \frac{a}{\rho} C_1 \varepsilon$$

C_1 et C_2 étant des constantes.

La puissance dissipée dans le filet est :

$$\rho \frac{l}{a\,dx} (d\,i)^2 = \frac{l a}{\rho} \left[-\frac{d\mathcal{B}}{dt} x + C_1 \right]^2 dx$$

et pour l'ensemble du conducteur :

$$l \left[\frac{\varepsilon^3 a \left(\frac{d\mathcal{B}}{dt} \right)^2}{12 \rho} + \frac{\rho}{a \varepsilon} i^2 \right].$$

Or, le premier terme du second membre représente, comme nous l'avons déjà vu, la puissance dissipée en courant de Foucault si le courant i n'existait pas ; le second terme représente l'effet Joule dû au courant i comme s'il était seul. Il n'y a donc pas à craindre l'augmentation de pertes à laquelle nous faisions allusion précédemment.

L'effet Joule n'est donc pas augmenté par la présence des courants de Foucault.

Revenons à notre sujet principal.

C'est principalement à cause des courants de Foucault intenses développés dans les conducteurs que l'induit lisse n'est pas employé pour les courants alternatifs, et est peu employé pour les courants continus. Les considé-

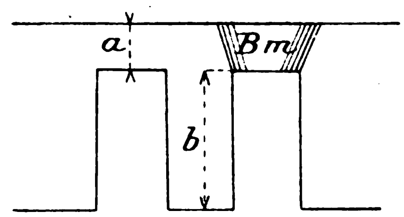


Fig. 27.

rations mécaniques ne sont pas non plus étrangères au rejet de cette disposition. Lorsque les conducteurs sont posés sur un induit lisse, le couple utile de la machine agit sur eux et ils doivent être alors solidement ancrés sur cet induit. Lorsque les conducteurs sont dans des encoches, l'effort tangentiel agit sur la denture, ce qui est beaucoup plus favorable.

Mais il ne faudrait pas croire qu'en plaçant les conducteurs dans les encoches, cela supprime complètement les courants de Foucault dans ces conducteurs. Si ces encoches sont droites (fig. 27), l'induction, au fond de l'encoche, est sensiblement en raison inverse de sa profondeur.

Si a est l'épaisseur de l'entrefer, b la profondeur de l'encoche et $\mathcal{B}_m$ l'induction dans l'entrefer vis-à-vis de la dent, l'induction dans le fond de l'encoche est

encore $\mathcal{B}m \frac{a}{a+b}$. Pour $a = b$ par exemple, l'induction est, dans le fond de l'encoche, moitié de ce qu'elle est dans la dent. Mais, si les dents sont sensiblement égales en largeur aux encoches, l'induction $\mathcal{B}m$ est plus grande que ce qu'elle serait pour un enduit lisse, et, dans ce cas, on n'a pas grand bénéfice à l'emploi d'un enduit denté. Il faut, pour diminuer beaucoup les courants de Foucault, que la profondeur de l'encoche soit au moins 4 ou 5 fois l'épaisseur de l'entrefer.

Si l'on tient compte encore de ce fait que l'induction dans le fond de l'encoche doit croître ou décroître bien plus rapidement qu'à la surface d'un induit lisse, on arrive à cette conclusion que l'économie de courants de Foucault réalisée par cette disposition n'est pas aussi grande qu'on le penserait de prime abord, et qu'il faut encore, autant que possible, sectionner les conducteurs dans ce cas.

Il n'en est pas de même avec des encoches fermées ou presque fermées. Avec une encoche fermée l'induction, n'est plus déterminée que par l'état de saturation de la denture. Mais même avec des inductions très élevées, 20 000 gauss par exemple, dans les dents, l'induction est encore faible dans l'encoche et ne dépasse pas 400 gauss. A ce point de vue, on devrait donc toujours fermer les encoches, ce qui aurait en outre l'avantage de supprimer les courants de Foucault dans les épanouissements polaires, quelle que soit la valeur de l'entrefer.

Mais la fermeture complète des encoches a un inconvénient; elle a pour effet de produire autour des dites encoches des flux de fuites importants, dont nous nous occuperons spécialement au chapitre des alternateurs.

D'autre part, les encoches fermées partiellement nécessitent la confection à la main de l'enroulement, alors qu'avec des encoches droites, les bobines peuvent être faites sur forme.

Le mode d'enroulement presque universellement adopté pour les appareils à courants alternatifs est l'enroulement « en tambour » qui utilise mieux le cuivre; l'enroulement Gramme ne sert que parfois dans certaines commutatrices à tension un peu élevées.

Vitesses périphériques. — En s'en tenant à la formule élémentaire de l'induction $e = \mathcal{H} l v$, on serait tenté de croire qu'il faut toujours adopter des vitesses périphériques très élevées pour obtenir le maximum d'effet. Mais ces vitesses élevées ne peuvent être obtenues, la vitesse angulaire n'étant fixée qu'avec des diamètres euxmêmes grands, c'est-à-dire des dépenses de matière utile et de matière inerte beaucoup plus considérables. Le poids de matière à engager dans une machine croît en effet beaucoup plus vite que le diamètre, les épaisseurs de fonte des bâtis, supports, etc... devant augmenter avec le diamètre, en sorte que, pratiquement, il y a pour chaque puissance, pour une vitesse angulaire donnée, une vitesse périphérique optima correspondant au minimum de dépense.

Pour les machines avec pôles saillants rapportés, la limite supérieure de vitesse périphérique est de 25 à 30 m par seconde. Au delà, il faut prendre des dispositions spéciales, avec lesquelles on est allé jusqu'à 75 m par seconde (inducteurs en tôle, de révolution...).

Attractions magnétiques. — On doit se préoccuper grandement, dans l'étude mécanique d'un appareil industriel, des attractions magnétiques qui peuvent produire des effets considérables auprès desquels le poids de la matière, par exemple, est tout à fait négligeable.

Établissons d'abord l'expression générale de l'attraction magnétique. On peut y arriver de bien des manières.

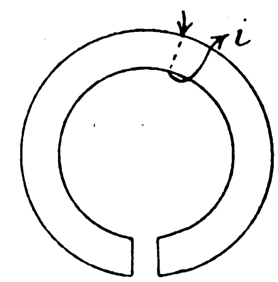


Fig. 28.

Nous choisirons celle qui nous permettra d'aboutir le plus rapidement possible, en nous servant de données résultant des précédentes conférences.

Supposons une bobine de self-inductance à circuit magnétique non complètement fermé (fig. 28). Pour simplifier nous n'enroulerons qu'une spire sur ce circuit magnétique.

Soient i l'intensité passant dans cette spire à une époque quelconque, $\mathcal{B}$ l'induction dans l'entrefer à la même époque, e l'épaisseur de cet entrefer, s sa surface.

Laissons l'entrefer se réduire d'une quantité de.

L'énergie potentielle augmente de :

$$d\left(\frac{L i^2}{2}\right).$$

L'énergie électrique *fournie* au système pendant cette variation est

$$-\left[-d\left(\frac{L i}{d t}\right)\right] i\, d t = + i\, d(L i).$$

Le travail mécanique *produit* est donc, pour la variation d'entrefer de :

$$i\, d(L i) - d\left(\frac{L i^2}{2}\right) = \frac{1}{2} i^2 d L$$

(formule déjà établie aux généralités).

L'attraction magnétique est donc :

$$F = \frac{1}{2} i^2 \frac{d L}{d e},$$

$$L = \frac{\mathcal{F}}{i} = \frac{\mathcal{B} s}{i},$$

$$d L = \frac{s}{i^2}(i\, d\mathcal{B} - \mathcal{B}\, d i) = -s \frac{\mathcal{B}^2}{i^2} d \frac{i}{\mathcal{B}}.$$

Mais $i = 0{,}08\, \mathcal{B}_e + a \mathcal{B}$, d'après ce que nous avons dit des forces magnétiques dans l'air, et, en supposant le fer non saturé pour simplifier, la constante se rapportant au métal.

Donc :

$$\frac{i}{\mathcal{B}} = 0{,}08\,e + a\,;\ d\,\frac{i}{\mathcal{B}} = 0{,}08\,d\,e\,;\ d\,L = -s\,\frac{\mathcal{B}^2}{i^2}\,0{,}08\,d\,e.$$

Finalement :

$$F = 0{,}04\,\mathcal{B}^2 s\ \text{(C.G.S.)},$$

exactement

$$\frac{\mathcal{B}^2 s}{8\pi},$$

(Démonstration que M. Mascart a bien voulu effectuer sous cette forme complète; celle indiquée auparavant supposait $\mathcal{B}$ constant; celle-ci suppose seulement que le fer n'est pas saturé.)

Soit, en kilogrammes :

$$F = \frac{\mathcal{B}^2 s}{25\,000\,000}.$$

Pour $\mathcal{B} = 10000$ par exemple, l'attraction magnétique est de 4 kg par cm². Or, 4 kg est le poids de 500 cm³ de fer. Avec une induction de 10 000, l'attraction magnétique peut donc soutenir dans l'air une épaisseur de 5 m. Or, comme on le sait, les épaisseurs radiales de tôles, dans les induits, ou les longueurs de pôles dans les inducteurs, ne dépassent pas quelques décimètres; la différence des attractions de signes contraires, agissant

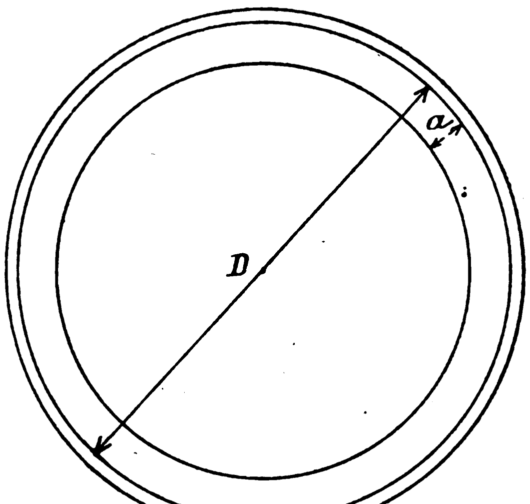


Fig. 29.

le long d'un même diamètre, sur la partie mobile d'une machine, peut donc être supérieure au poids de cette partie tournante.

Prenons, comme exemple, un système de révolution constitué par un stator extérieur au rotor (fig. 29), de diamètre D centimètres. Supposons que le rotor étant exactement centré par rapport au stator, c'est-à-dire l'entrefer étant régulier, l'induction moyenne dans cet entrefer soit 5000 gauss, ce qui correspond à une attraction de 1 kg par cm².

Décentrons le rotor de haut en bas, par exemple de 0,1 de la valeur de l'entrefer, ce qui d'ailleurs peut se produire très aisément, même sans qu'on le veuille : tassement des matériaux, usure des coussinets, etc....

L'attraction en bas devient 1,21 kg par cm²; en haut elle est réduite à 0,81 kg par cm² (en supposant la réluctance des parties métalliques négligeables devant celle de l'entrefer).

L'attraction différentielle dans le plan vertical sera ainsi de 0,4 kg pour 2 cm². En tenant compte de ce que l'entrefer est le même à droite et à gauche, et de l'orientation de l'attraction magnétique tout autour du rotor, l'attraction différentielle résultante sera de 0,1 kg par cm² de surface *totale*. Si l est la largeur dans le sens de l'axe, l'attraction magnétique différentielle résultante sera : $0{,}1\,\pi D l$; si a est la hauteur radiale du rotor, son poids est sensiblement :

$$0{,}008\,\pi D a l \text{ kilogrammes.}$$

Le rapport de l'attraction magnétique différentielle au poids du rotor, sera donc en général $\frac{12{,}5}{a}$, c'est-à-dire que, pour des hauteurs radiales inférieures à 12,5 cm, l'attraction différentielle sera supérieure au poids. Avec un excentrage plus grand que celui que nous avons choisi, elle serait supérieure pour des hauteurs radiales plus grandes.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que, lorsque le rotor et le stator sont tous deux décentrés, il y a en outre production d'un couple variable avec la position angulaire relative des deux parties, couple d'ailleurs toujours très faible (fig. 30).

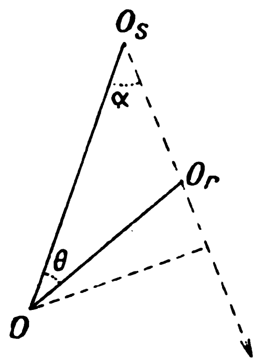


Fig. 30.

Si O est le centre de rotation réelle, O_s le centre d'alésage du stator, O_r le centre de tournage du rotor, OO_s est le décentrement s du stator; OO_r est le décentrement r du rotor; OO_s et OO_r font un angle θ variable pendant la rotation.

On démontre aisément que l'attraction différentielle résultante passe par $O_s\,O_r$, c'est-à-dire, fait avec la direction OO_s fixe, un angle α défini par

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{r\sin\theta}{r\cos\theta - s}.$$

Si G est l'attraction périphérique totale, l'entrefer e étant supposé constant ($G = \Sigma\,\frac{\mathcal{B}^2 s}{8\pi}$ pour tout le contour), on trouve que l'attraction différentielle orientée comme il vient d'être dit est :

$$\frac{G}{e}\sqrt{r^2 + s^2 - 2rs\cos\theta} = \frac{G}{e}\cdot\overline{O_s O_r}$$

et donne lieu à un couple $\frac{G}{e} rs \sin \theta$ (surface du triangle $OO_s O_r$ multipliée par $\frac{G}{e}$). Ces valeurs de la force et du couple sont approximatives, obtenues en négligeant quelques termes, suffisantes industriellement.

Le couple est, disons-nous, très faible, en général, mais la force est grande.

Dans l'étude mécanique des appareils, il faut donc tenir compte absolument des dissymétries pouvant se produire, et qui peuvent, suivant le cas, être utiles ou nuisibles.

Remarquons, en passant, que l'effet produit par la dissymétrie dans les machines bipolaires ne peut pas avoir la même importance : le flux qui entre d'un côté devant nécessairement sortir de l'autre ; mais il peut y avoir cependant encore une attraction différentielle. En effet : $\int \mathfrak{B} ds$ est fatalement le même pour les deux faces d'entrée et de sortie du flux ; s étant le même, $\mathfrak{B}^2 s$ semble donc être le même également. Mais l'attraction totale de chaque côté est plus exactement $\int \mathfrak{B}^2 ds$ qui peut être différent pour les deux faces.

D'autre part, lorsque l'excentricité est perpendiculaire aux lignes de force, on a une résultante différentielle perpendiculaire également aux lignes de force. On utilise cette propriété dans certaines machines pour compenser l'absence de symétrie dans la répartition du flux dans l'entrefer due à quelque autre cause (fig. 51).

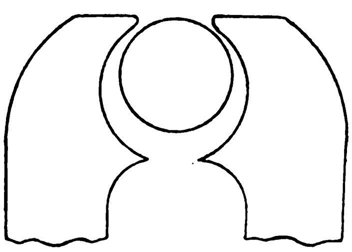


Fig. 51.

L'attraction différentielle n'est évidemment pas la seule à envisager, et l'attraction absolue a son importance également pour le calcul de la rigidité des pièces mécaniques supportant les tôles ou les pôles. Par exemple, si l'on fixe des pôles d'alternateurs à l'extérieur d'un volant, l'effet magnétique s'ajoute à la force centrifuge, tandis qu'il s'en retranche lorsqu'on fixe les pôles à l'intérieur du volant.

Au point de vue particulier qui nous occupe en ce moment, il est *très imprudent de constituer l'excitation d'un alternateur*, par deux ou plusieurs séries de bobines montées en dérivation ; le courant pouvant être interrompu accidentellement dans une des dérivations, les efforts magnétiques peuvent disparaître d'un côté et, subsistant de l'autre, occasionner de graves accidents. Cette façon de faire, très dangereuse pour les inducteurs d'alternateurs, n'est pas sans inconvénient dans les induits et dans les stators et rotors de moteurs asynchrones.

Nous venons d'examiner succinctement les attractions des fluxeurs les uns sur les autres. Il nous resterait à examiner l'attraction produite par les champs magnétiques sur les conducteurs parcourus par des courants.

Nous avons déjà eu l'occasion de remarquer que cette attraction était une des causes de l'abandon des induits lisses. En effet, un conducteur parcouru par un courant de 100 ampères dans un champ de 5000 gauss est soumis à une force de 0,05 kg par cm de longueur, c'est-à-dire d'environ 2 kg pour un conducteur de 40 cm de longueur ; ce conducteur n'ayant que 6 à 7 mm de diamètre, l'effort auquel il est soumis est relativement très important.

(*A suivre.*)

LA LAMPE A ARC-FLAMME

EN ANGLETERRE

La lampe à arc-flamme, et particulièrement la lampe à arc-flamme jaune, est considérée, par des spécialistes anglais, comme la meilleure arme que possède l'électricité contre la concurrence du gaz à haute pression. Ce n'est pas qu'elle ne présente quelques inconvénients : son prix d'acquisition est plus élevé que celui de la lampe à gaz à haute pression ; quatre à cinq lampes doivent habituellement être employées en série pour arriver au maximum d'économie ; enfin, la destruction des lampes est rapide. Mais, à côté de ces défectuosités, qui expliquent l'utilisation croissante de la lampe à gaz sous pression, la lampe à arc-flamme présente des avantages sérieux ; les constatations de la pratique permettent de dire qu'elle est plus économique que la lampe à gaz concurrente lorsque le prix du kilowatt-heure d'énergie n'est pas supérieur à 3 ou 4 fois le prix du mètre cube de gaz ; la puissance lumineuse de l'arc-flamme se maintient, d'ailleurs, pendant toute la durée du service, tandis que celle du manchon à gaz tombe rapidement bien au-dessous de la valeur initiale, sur laquelle tablent naturellement les marchands ; d'autre part, l'observation a fait voir que, dans la pratique, la durée moyenne des manchons ne dépasse pas le service de 80 heures que l'on réalise aisément aujourd'hui avec les lampes à magasin, et les frais d'entretien de l'une et de l'autre peuvent donc être considérés comme équivalents, car le prix des manchons est sensiblement le même que celui des crayons ; en tout cas, la lampe à arc-flamme est, de toutes les sources artificielles de lumière électrique, celle qui doit être préférée lorsque l'on peut employer des lampes de grande intensité.

L'arc-flamme a fait l'objet d'études théoriques et expérimentales approfondies de la part de quelques spécialistes anglais[1] ; l'Angleterre compte plusieurs fabricants de crayons de lampes à arc, et c'est particulièrement sur l'influence des différentes compositions de crayons sur le

[1] M. Salomon, H. E. Crocker et A. J. Capener. Yellow Flame Arc. *Proceedings of the Institute of Electrical Engineers*, 1912, vol. IL, p. 216.

fonctionnement de l'arc-flamme qu'ont porté les expériences. La lampe à arc-flamme peut être considérée comme ne se différenciant de la lampe à arc libre que par quelques points de détail seulement; deux différences sont caractéristiques cependant : 1° les crayons, au lieu d'être placés verticalement l'un au-dessus de l'autre, sont disposés l'un à côté de l'autre, dans une position inclinée; 2° l'arc allongé qui jaillit entre les bouts convergents des crayons se produit au centre d'une coupelle ou économiseur qui agit comme réflecteur, ralentit la combustion et donne de la stabilité à l'arc; la combustion est ralentie parce que le renouvellement de l'oxygène se fait moins promptement; l'arc est stabilisé, parce que du moment où un crayon tend à émerger de la coupelle, il pénètre dans une zone où l'oxygène est plus abondant et il brûle plus vite. Grâce à ces particularités, le mécanisme de la lampe à arc-flamme est généralement très simple; dans la lampe Beck et dans la lampe Butt, l'avancement des crayons se fait par gravité. Le perfectionnement le plus important réalisé dans ces derniers temps est la lampe à magasin, qui combine les avantages de la lampe à arc-flamme à la longue durée de service et au bon marché des crayons; les crayons de lampe à arc-flamme, brûlant relativement vite, doivent effectivement être longs et leur fabrication est donc coûteuse; avec les lampes à magasin, il est possible d'employer des crayons courts.

Certaines difficultés ont été rencontrées en Angleterre par suite du manque d'uniformité des dimensions des crayons et du défaut d'entente dans les combinaisons à réaliser. Ainsi, à côté de la dimension originale de 600 mm des crayons étrangers, on a créé des dimensions répondant aux mesures anglaises, soit 23,5, 23,75 et 24 pouces; quant aux combinaisons de crayons, beaucoup ont été proposées par des fabricants de lampes cherchant à accaparer la vente des charbons et elles ne sont pas toutes judicieuses.

Le crayon d'arc-flamme employé aujourd'hui est composé d'un corps ou coquille en charbon pur et d'une mèche ou noyau, contenant une proportion convenable de fluorure. Le corps est fabriqué de la même façon que les crayons ordinaires; ceux-ci sont confectionnés avec un mélange de suie ou noir de fumée, de charbon de cornue finement broyé et de goudron; les crayons de qualité supérieure contiennent 70 à 80 pour 100 de suie; on ne les emploie guère, bien qu'ils procurent un rendement supérieur et une combustion plus stable et qu'ils donnent moins de résidus, parce qu'ils coûtent plus cher; les charbons ordinairement employés contiennent 30 à 50 pour 100 de noir de fumée. Dans les crayons de lampe à arc-flamme, le prix du corps ne représente qu'une faible partie du prix total et il n'y a aucun inconvénient à employer la qualité supérieure de mélange.

Les différentes fabrications de lampes à arc-flamme ne se distinguent donc point par la composition de la coquille, mais par la composition du noyau, par les dimensions respectives du crayon et de la mèche et par le diamètre de crayon nécessaire pour une intensité donnée; le diamètre de la mèche des crayons de lampe à arc-flamme est beaucoup plus grand que celui des crayons de lampe ordinaire, et le diamètre des crayons d'arc-flamme pour un courant déterminé est beaucoup plus petit que celui des crayons d'arc libre. Le tableau I indique les dimensions moyennes de divers crayons en usage.

TABLEAU I. — DIAMÈTRE DES CRAYONS ET MÈCHES DE LAMPES A ARC A COURANT CONTINU.

	COURANT EN AMPÈRES.			
	6.	8.	10.	12.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Lampe à arc ordinaire.				
Crayon positif, corps	14	16	18	20
— mèche	3	3,5	4	4,5
Crayon négatif, corps	9	10	12	13
— mèche	»	»	»	1
Lampe à arc flamme.				
Crayon positif, corps	8	9	10	»
— mèche	4	4,5	5	5,5
Crayon négatif, corps	7	8	9	10
— mèche	2,5	2,7	3	3.5

Les crayons sont généralement classés en crayons positifs et en crayons négatifs; mais il vaut mieux les ranger en crayons à grosse-mèche et crayons à fine mèche. La mèche peut être une mèche spéciale, d'arc-flamme, ou une mèche ordinaire, sans fluorure. Le diamètre de la mèche dans la première catégorie de crayons est égal à la moitié du diamètre total (rapport des sections, 1 : 4) et, dans la seconde catégorie, il est égal au tiers du diamètre total (rapport des sections, 1 : 9); le diamètre de la mèche doit correspondre à la largeur du cratère, pour que l'arc soit bien stable. Il résulte des proportions ainsi fixées, que la conductibilité linéaire des crayons est mauvaise; pour éviter la chute de tension due à leur résistance et surtout pour éviter la variation graduelle de cette chute avec l'usure; on doit recourir à des artifices. Les procédés les plus employés consistent à disposer des contacts frottants près des bouts des crayons, à proximité de l'économiseur ou, mieux, à armer le crayon, soit par un cuivrage extérieur, soit par un fil métallique incorporé dans la masse. Cette dernière méthode vaut mieux que la précédente, parce qu'elle ne donne pas lieu aux irrégularités que l'autre occasionne; plus éloignée de la partie chaude de l'arc, la couche de cuivre fond et tend à envahir la mèche et le cratère; le fil ne produit pas de perturbation. On employait auparavant une armature de zinc; mais on préfère à présent l'armature en laiton. La difficulté est d'assurer un bon contact entre l'armature et le corps; on y parvient en garnissant le fil de protubérances ou de sinuosités ou bien en le plaçant dans une pâte appropriée. En règle générale, on le loge à présent dans un canal distinct de celui de la mèche et l'on évite même de faire communiquer les deux canaux, car cela ne

peut que provoquer des irrégularités de fonctionnement, lorsque le défaut ne va pas jusqu'à isoler le fil d'armature du corps du crayon; le bout supérieur de l'armature est replié extérieurement et l'on doit avoir soin de placer le charbon de façon que le contact soit bien établi avec le porte-crayon.

La proportion de fluorure dans la mèche est ordinairement de 50 pour 100 environ, ce qui correspond à une proportion totale de 12,5 pour 100 pour les crayons à grosse mèche spéciale et de 5,5 pour les crayons à fine mèche spéciale; la limite de 15 pour 100, indiquée par Bremer, dans ses travaux originaux, n'est donc pas tout à fait atteinte; les chiffres indiqués ci-dessus se rapportent aux crayons pour arc-flamme jaune, à fluorure de calcium; l'arc blanc s'obtient au moyen du fluorure de cérium, et l'arc rouge au moyen du fluorure de strontium; le fluorure est mélangé à du charbon de cornue finement broyé et additionné de silicate de potassium.

L'aspect de la flamme obtenue, examinée sur l'écran, varie suivant la composition des crayons: la flamme comprend essentiellement une zone centrale, violette, entourée de la flamme jaune, qui l'isole ordinairement des crayons. Les combinaisons de crayons les plus fréquemment utilisées sont indiquées au tableau II; ce tableau mentionne également les arrangements recommandés, après de nombreux essais, par les ingénieurs de l'une des plus grandes compagnies anglaises. D'excellents résultats ont aussi été signalés pour les crayons Blondel, qui emploient un très gros noyau à fluorure, avec une mince coquille de charbon pur : pour un crayon de 14 mm, la mèche a 9 mm de diamètre; elle contient 60 à 70 pour 100 de fluorure; de plus, au silicate de potassium employé régulièrement comme liant, est ajouté un peu de borate.

Tableau II. — Combinaisons de crayons pour lampes a arc flamme jaune, a courant continu et a courant alternatif.

	Courant continu						Courant alternatif	
	Crayons a armature métallique		Crayons cuivrés		Crayons simples		Crayons quelconques (trois types)	
	Positif.	Négatif.	Positif.	Négatif.	Positif.	Négatif.	Positif.	Négatif.
Combinaison la plus générale	GMS	FMO	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS
Combinaison fréquente	FMS	FMS	GMS	FMO	GMS	FMO	»	»
Combinaison occasionnelle	GMS	FMS	GMS	FMS	GMS	FMS	»	»
Combinaison recommandée	GMS	FMO	GMS	FMO	GMS	FMO	FMS	FMS

On trouvera l'explication de la notation employée dans le tableau II, dans le tableau III.

Tableau III. — Classification et notations proposées en Angleterre.

Désignations anglaises.		Désignations françaises correspondantes.	
Large-core flame-cored (carbons)	LCF	Crayons à grosse mèche spéciale	GMS
Small-core flame-cored (carbons)	SCF	Crayons à fine mèche spéciale	FMS
Small-core ordinary cored (carbons)	SCO	Crayons à fine mèche ordinaire	FMO
Metal-cored (carbons)	MC	Crayons à armature métallique	AM
Coppered (carbons)	C	Crayons cuivrés	C
Plain (carbons)	P	Crayons simples	S

On reproche souvent aux lampes à arc-flamme une usure de crayons excessive; si on compte cette usure en tenant compte de la puissance lumineuse fournie, si on la rapporte à la bougie-heure, ou aux 1000 bougies-heure, on s'aperçoit que ce reproche n'est nullement fondé. L'usure moyenne des crayons est de 30 mm par heure, ce qui correspond pour des crayons de 600 mm à une durée de service de 17 à 18 heures; par 1000 bougies-heure, la dépense de crayons, en supposant une lampe à crayons armés, n'est pas supérieure à celle que l'on doit prévoir pour une lampe à arc libre à charbons purs; la situation est encore plus avantageuse avec des crayons à mèche simples, sans armature; c'est ce que l'on peut reconnaître en se reportant au tableau IV.

Tableau IV. — Usure et dépense de crayons pour une lampe a arc-flamme.

	Intensité en ampères.			
	6.	8.	10.	12.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Usure, pour chaque crayon, à l'heure	30	29	29	27
Avec crayon positif GMS, AM	8	9	10	»
Avec crayon négatif FMO, AM	7	8	9	10
Dépense horaire :	penny.	penny.	penny.	penny.
Pour crayons AM	0,181	0,206	0,228	0,256
Pour crayons S	0,126	0,144	0,160	0,181
Dépense pour 1000 bougies-heure (1), arc sans globe :				
Pour crayons AM	0,132	0,108	0,078	0,073
Pour crayons S	0,092	0,075	0,055	0,052

(1) En comptant sur l'intensité lumineuse hémisphérique moyenne inférieure.

Quant à la stabilité de l'arc-flamme, elle a été beaucoup améliorée dans les derniers types de lampes et avec les crayons de fabrication moderne; il se produit bien encore des fluctuations occasionnelles; mais elles ne sont pas plus marquées ni plus fréquentes qu'avec les lampes à arc ordinaire; le courant absorbé est également d'une constance très satisfaisante; du moins en est-il ainsi du moment que l'on a soin d'employer des combinaisons de crayons convenables; ainsi, la présence de fluorure de calcium dans la mèche du crayon négatif d'une lampe à arc à courant continu compromet la stabilité de l'arc-

flamme. La courbe d'intensité du courant absorbé par une lampe fonctionnant successivement avec un crayon négatif à mèche ordinaire et avec un crayon négatif à mèche spéciale, le crayon positif étant identique pour les deux cas, est très caractéristique pour chacune de ces dispositions et nettement moins régulière dans le second essai.

Des expériences approfondies (elles ont comporté plus de 15 000 mesures photométriques effectuées sur des arcs-flammes produits dans des conditions variées) ont montré que : 1° le rendement de l'arc-flamme jaune ne change pas appréciablement au-dessus de 6 ampères pour les différentes grandeurs de lampes; 2° pour une lampe donnée, le rendement augmente avec l'intensité, jusqu'à une certaine limite à partir de laquelle le gain est insignifiant, mais il se produit en même temps une forte augmentation de l'usure des crayons; 3° la puissance lumineuse croît avec la tension appliquée, mais le rendement faiblit; la tension la plus avantageuse est de 38 volts, sur l'arc; 4° la combinaison de crayons la plus avantageuse consiste à employer un crayon positif à grosse mèche spéciale et un crayon négatif à fine mèche ordinaire.

D'autre part, il semblerait, pour ce qui concerne les lampes à magasin, que, contrairement à la tendance de certains constructeurs, il n'y a pas intérêt à pourvoir le magasin de crayons pour un service de plus de 70 à 80 heures; les charbons, en brûlant, déterminent effectivement la formation d'un dépôt qui, petit à petit, diminue la transparence du globe et augmente l'absorption; plus préjudiciable encore à cet égard est le noircissement de l'économiseur; ces deux effets combinés font qu'après une centaine d'heures, ou même plus tôt, le rendement faiblit; de toute façon, on devrait donc au bout de quelque 80 heures nettoyer économiseurs et globes, et autant vaut, du même coup, recharger le magasin. Grâce à l'emploi de crayons sans armature et courts, les lampes à magasin n'occasionnent que des dépenses très réduites en crayons; on peut compter sur un chiffre de 2 centimes à l'heure pour une lampe de 10 ampères.

Comme nous l'avons dit déjà, d'excellents résultats ont été obtenus avec les crayons Blondel; des essais effectués concurremment avec ceux dont nous venons de parler ont fait voir la remarquable supériorité de ces crayons, qui procurent un rendement élevé tout en brûlant assez lentement.

Les globes en usage absorberaient de 15 à 32 pour 100 de la lumière produite par l'arc (1); les mesures faites à ce propos ne sont pas toutefois assez nombreuses pour être vraiment concluantes; quoi qu'il en soit, il serait très utile que l'on disposât d'un mode de graduation quelconque des globes, afin d'éviter que l'acquisition d'un globe de transparence insuffisante ne vînt détruire tout le bénéfice de longs et patients efforts dans l'amélioration des crayons (2). H. Marchand.

(1) J. T. Morris et J. G. Farrow, The absorption of arc lamp globes, *Illuminating Engineers*, 1908, vol. I, p. 985.
(2) M. Salomon, article cité.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 4 novembre 1912.

Les actions opposées du champ magnétique sur la conductibilité électrique des gaz raréfiés en fonction de la valeur du champ et du degré de vide, par H. Stassano. (Voy. *Comptes rendus*).

Séance du 11 novembre 1912.

Sur des phénomènes de pseudo-résonance électrique, par M. Georges Claude. — Au cours de mes recherches sur les tubes luminescents au néon, j'ai observé un phénomène qui paraît susceptible de se reproduire dans différentes circonstances, et que, par suite, je crois utile de signaler.

Pour des raisons sur lesquelles je n'insisterai pas ici, j'ai été amené à étudier l'emploi de condensateurs montés en série avec les tubes au néon. A ce propos, j'ai placé sur une différence de potentiel alternative de 4000 volts (50 périodes : sec.) un circuit constitué par le montage *en série* d'un condensateur de 0,67 microfarad, d'un ampèremètre thermique de 2 ampères et d'un nombre variable de tubes à néon de 7,50 m de long et 4 cm de diamètre. Or, j'ai eu la surprise de constater que, contrairement à toutes les prévisions, l'intensité allait en *croissant* avec le nombre des tubes montés en série dans le circuit. Partie de 0,7 ampère avec le condensateur seul, l'intensité passe de 0,88 avec un seul tube, 1,10 avec deux, 1,22 avec trois et atteint 1,26 ampère pour quatre tubes en série! Un cinquième tube, cependant, dont l'insertion rend d'ailleurs l'allumage très difficile, a provoqué une légère diminution de l'intensité, qui paraît ainsi présenter un maximum pour quatre tubes.

A première vue, les tubes se comporteraient donc comme une self-induction croissante avec leur nombre, neutralisant progressivement la capacité du condensateur et amenant finalement le circuit vers les conditions de sa résonance, atteinte avec quatre tubes. Et cette opinion paraît appuyée par un autre fait coutumier de la résonance, par l'augmentation de la différence de potentiel aux bornes du condensateur *au delà* de la différence de potentiel d'alimentation. Alors, en effet, que celle-ci, mesurée à l'électromètre de Thomson, ne dépasse pas 4200 volts, la différence de potentiel aux bornes du condensateur passe à 4800 volts quand les quatre tubes sont en service.

Mais on ne conçoit pas comment ces tubes rectilignes pourraient agir à un pareil degré comme des résistances inductives, et d'autres faits encore militent contre cette interprétation. En réalité, la self-induction est à peu près étrangère au phénomène, et celui-ci n'est qu'une modalité d'un autre que j'étudiais dans une Note, présentée par M. Potier, le 22 janvier 1894 : si l'on place sur une différence de potentiel un peu élevée, 3000 volts par exemple, un circuit constitué par un interrupteur simple, une série de 6 lampes à incan-

descence et un condensateur d'une capacité telle que les filaments des lampes soient fort peu poussés, si l'on vient alors à ouvrir l'interrupteur assez peu pour qu'une étincelle puisse subsister entre ses mâchoires, l'intensité du courant qui traverse le circuit augmente, et augmente d'autant plus qu'on allonge davantage l'étincelle. Dans les conditions signalées dans ma Note, l'effet obtenu était si intense que les lampes à incandescence finissaient par sauter.

Ici, on ne peut évidemment attribuer à l'arc minuscule formé à l'interrupteur une self-induction capable de tels effets, et l'interprétation est la suivante. Quand l'interrupteur est fermé, l'intensité dans le circuit est régie par les formules classiques et a une telle valeur que les lampes sont peu poussées. Mais quand l'interrupteur est ouvert et qu'une étincelle s'intercale dans le circuit, le courant ne passe plus depuis le début de chaque période, mais seulement à partir du moment où la différence de potentiel appliquée entre les mâchoires de l'interrupteur atteint la valeur qui correspond à la distance explosive entre ces mâchoires. Le condensateur prend alors brusquement la partie de sa charge qui correspond au potentiel atteint, et il est aisé de voir que $\sqrt{(I^2)_{moy}}$, c'est-à-dire l'intensité efficace, est beaucoup plus grande que dans le cas précédent, d'autant plus grande que l'étincelle est plus longue. Quant à l'augmentation de $\sqrt{(e^2)_{moy}}$ aux bornes du condensateur au delà de la force électromotrice efficace du courant d'alimentation, c'est un effet peu important devant l'autre, et dû sans doute à des oscillations électriques, mais qui complète l'analogie du phénomène avec une vraie résonance. C'est pourquoi je propose d'appliquer aux phénomènes de cet ordre le nom de phénomènes de *pseudo-résonance*, en faisant remarquer au surplus qu'ils doivent se présenter très souvent en pratique. Je citerai, par exemple, le cas de la télégraphie sans fil, où des arcs éclatent dans des circuits comportant de la capacité, celui des réseaux à courants alternatifs, spécialement ceux à câbles souterrains, lors des courts-circuits qui en troublent si souvent l'exploitation, etc.

En particulier, le phénomène signalé plus haut n'est qu'une modalité de ces phénomènes de pseudo-résonance. Comme l'arc, en effet, la décharge dans les tubes ne s'amorce que quand la différence de potentiel appliquée aux électrodes atteint la valeur qui correspond à la distance explosive, valeur d'autant plus élevée que le nombre des tubes en série est plus grand, de sorte qu'ici encore, et pour les mêmes raisons, le courant efficace doit augmenter avec le nombre des tubes.

Pourtant, j'ai fait remarquer que cet effet est limité à 4 tubes, et ceci encore est naturel, car, chaque fois qu'on ajoute un tube, on retranche environ 500 volts, représentant la chute aux électrodes, de la différence de potentiel qui peut apparaître au condensateur; on tend ainsi à diminuer la charge du condensateur à chaque alternance, et cet effet peut arriver à contre-balancer l'autre, d'où un maximum de courant pour un certain nombre de tubes, qui complète l'analogie avec une vraie résonance.

Une autre particularité curieuse du phénomène doit être signalée. Si l'on photomètre l'un des tubes en essai pendant qu'on augmente le nombre des tubes, on constate que, bien que le courant augmente énormément, l'intensité lumineuse du tube *diminue légèrement*, alors que l'éclat d'une lampe à incandescence, placée dans le circuit, augmente énormément. Cela indique que l'intensité lumineuse du tube *ne dépend pas* de l'intensité *efficace*, comme il arrive pour la lampe à incandescence, mais de l'intensité *moyenne*, qui, elle, diminue légèrement à mesure que le nombre des tubes augmente, puisqu'elle a pour valeur le quotient de la charge du condensateur à chaque alternance, par la demi-période. La notion de courant efficace n'est donc d'aucune valeur dans le fonctionnement des tubes luminescents, et cette observation donne sa vraie signification au facteur de puissance observé dans le fonctionnement de ces tubes. On sait, en effet, que Wedding a signalé, pour les tubes Moore, un facteur de puissance voisin de 0,8 et que j'ai retrouvé pour mes tubes des chiffres analogues (¹), c'est-à-dire que, pour tous ces tubes, le produit $E_{eff}\ I_{eff}$ surpasse de 20 pour 100 l'indication du wattmètre. L'examen des courbes oscillographiques avait montré à Wedding que ce facteur de puissance ne pouvait avoir la signification d'un cos φ et qu'il se rapportait sans doute à la forme du courant. La réalité est révélée par ce qui précède : c'est que ce qui entraîne la consommation d'énergie d'un tube luminescent, ce n'est pas I_{eff}, mais I_{moy}, toujours plus petit. Une interprétation analogue est sans doute partiellement valable pour le facteur de puissance des arcs à courants alternatifs, et l'on pourrait peut-être conclure de ces observations et d'autres analogues que la notion d'intensité efficace joue quelquefois, en électricité, un rôle exagéré.

Séance du 18 novembre 1912.

Sur un galvanomètre amorti à aimant mobile, par Ch. Féry. — On peut considérer un galvanomètre comme un moteur de très faible puissance, dont le travail est employé à tordre le fil de suspension.

L'unité angulaire de déviation (1 mm sur une échelle à 1 m) sera obtenue avec une dépense d'énergie électrique d'autant plus faible que le torque du fil sera moindre et que le rendement électrique du moteur magnéto-électrique (aimant et bobine) sera lui-même plus élevé.

Ce rendement est très élevé dans les galvanomètres à bobine mobile, mais le torque de la suspension est d'autre part toujours assez grand. Dans ces appareils, la sensibilité est limitée par l'amortissement, qui peut prendre une valeur excessive.

Dans les galvanomètres à aimant mobile, au contraire, l'amortissement dû aux courants induits par les déplace-

(¹) *Comptes rendus*, 12 décembre 1910.

ments des aiguilles est toujours insuffisant et force à recourir à un amortissement auxiliaire.

Il m'a semblé que, si l'on parvenait à augmenter l'amortissement propre du galvanomètre, en l'amenant à sa valeur critique, on augmenterait également la sensibilité ou, en d'autres termes, on diminuerait la dépense électrique nécessaire pour obtenir l'unité de déviation angulaire.

Dans tous les galvanomètres actuels à aimant mobile, le fil de la bobine entoure les deux pôles de l'aimant, de sorte que la spire intérieure doit avoir au moins comme diamètre la longueur du barreau.

Il n'en est plus de même si l'un des pôles seulement est soumis à l'action de la bobine.

Dans ce cas, on comprend facilement que, pour un déplacement donné du pôle, la variation de l'angle solide, soustendu par le pourtour du feuillet magnétique, est d'autant plus grande que ce feuillet est de plus petit diamètre.

Il en résulte deux avantages immédiats : 1° augmentation de la force contre-électromotrice due au déplacement de ce pôle; 2° diminution de résistance de la spire considérée.

Ces deux causes font que, mise en court-circuit, la bobine se trouve parcourue, pendant le déplacement de l'aimant, par des courants assez intenses pour produire un amortissement important.

La réalisation de ces conditions peut s'obtenir simplement en plaçant chaque pôle de l'aimant suspendu entre

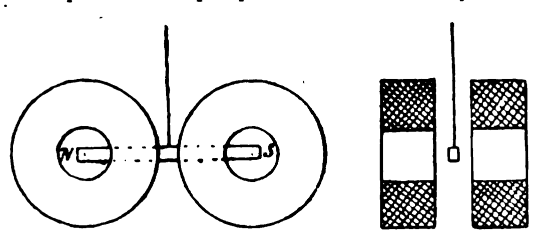


Fig. 1.

deux paires de bobines plates assez rapprochées pour constituer sensiblement un solénoïde unique (fig. 1).

La figure 2 montre une des formes qu'on peut donner

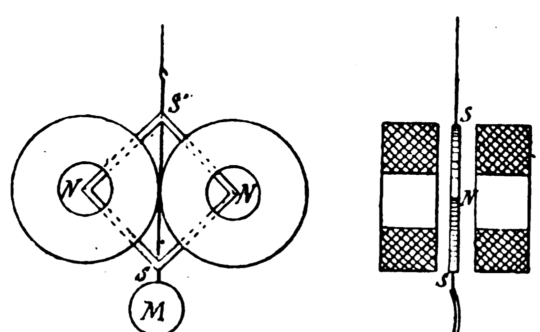


Fig. 2.

à un équipage astatique; il est constitué par la réunion de quatre barreaux identiques réunis deux à deux par leurs pôles de même nom.

Un galvanomètre d'essai, monté ainsi (fig. 2), donne 1 mm à 1 m pour un courant de 8×10^{-10} ampère; la résistance des quatre bobines en série n'est que de 2 ohms. Chaque bobine dont le diamètre extérieur est de 12 mm porte 160 tours de fil de 0,5 mm. La durée de l'oscillation est de 15 secondes. L'emploi d'une cuirasse et d'un fil de quartz permettra sans doute de perfectionner encore l'instrument.

JURISPRUDENCE

Un concessionnaire qui déclare abandonner sa concession avant d'avoir commencé l'exécution, doit-il indéfiniment la clause pénale prévue pour le cas de retard? — Le titre de cet article nous est inspiré par deux décisions du conseil de préfecture du Rhône, en date du 15 décembre 1911 et du 25 février 1912 : il nous parait intéressant de relater les faits, en indiquant les décisions intervenues, après avoir exprimé les réflexions qu'elles nous ont suggérées.

I. *Exposé des faits.* — M. Grialou s'était autrefois engagé, vis-à-vis de différentes communes, à fournir la lumière électrique, et à cet effet, il avait signé divers contrats, conformes au cahier des charges-type du 17 mai 1908.

Personne n'ignore que ce cahier comporte des amendes prévues pour divers retards : nous ne nous occuperons dans cette étude que des amendes fixées pour infractions à l'article 6, c'est-à-dire pour retard dans la remise au maire du projet des ouvrages à effectuer ou pour retard dans le commencement de leur exécution.

Il est de toute justice, comme le cahier des charges l'impose, que ces amendes soient prises sur le cautionnement qui doit être déposé au moment de la signature du contrat : car le but du cautionnement est de servir de couverture à la commune concédante et de lui assurer le paiement facile des compensations qui lui sont dues pour les manquements constatés. D'autre part, le cautionnement n'est pas éternel, il est même destiné à s'épuiser rapidement si le concessionnaire est négligent : aussi doit-il être complété au fur et à mesure qu'il diminue et si cette prescription n'est pas exécutée, le concédant peut demander la déchéance de la concession, d'après le cahier des charges précité : « Toutes les fois qu'une « somme quelconque aura été prélevée sur le cautionnement, « le concessionnaire devra le compléter à nouveau dans un « délai de quinze jours (art. 31, § 4); la déchéance pourra « être prononcée, si le concessionnaire, après mise en de- « meure, ne reconstitue pas le cautionnement prévu à l'ar- « ticle 31 ci-après dans le cas où des prélèvements auraient « été effectués (art. 25, § 5). »

Ces textes ainsi rappelés, examinons ce qui s'est passé entre la commune de Marcy-l'Étoile et son concessionnaire M. Grialou. Ce dernier fut d'abord en retard pour verser son cautionnement : de plus, il ne présenta pas les projets au maire dans le temps qui lui était imparti : ce fut l'objet d'une première instance devant le conseil de préfecture, terminée le 3 décembre 1910, dans laquelle M. Grialou fut condamné à verser son cautionnement et la commune fut renvoyée, en ce qui concerne les amendes, à se pourvoir comme l'ordonne son cahier des charges, devant l'ingénieur en chef du contrôle. L'article 30 en effet déclare « que les amendes seront « prononcées au profit de la commune *par le Maire, après* « *avis de l'ingénieur en chef du contrôle.* » Le conseil de préfecture se borna seulement à fixer le point de départ des amendes en précisant que le délai de présentation des projets

courrait à compter de l'approbation préfectorale [1] et que c'était au maire à établir avec l'approbation de l'ingénieur en chef du contrôle un titre pour le paiement des amendes.

Or, l'amende due par jour de retard était fixée à 4 francs, et d'après l'article précité elle devait être prélevée sur le montant du cautionnement. Comme celui-ci était de 500 fr, et que le retard était de plus d'une année, il tombe sous le sens que le cautionnement étant rapidement absorbé, la commune restait encore — si sa théorie est exacte — créancière d'une somme importante. Elle émit immédiatement la prétention de considérer cette amende pour retard comme une dette personnelle de M. Grialou, exigible contre lui et pour tout le temps que durerait ce retard : si bien que pour une somme de 2264,80 francs, à laquelle elle arrêtait le montant de sa créance, pour retard, à la date du 12 janvier 1911, elle fit signifier à M. Grialou un état rendu exécutoire par le préfet du Rhône conformément à l'article 154 de la loi de 1884, avec commandement de payer pareille somme : sur opposition à commandement faite par M. Grialou, le tribunal civil de Lyon renvoya les parties à se pourvoir devant la juridiction administrative pour interprétation du cahier des charges, d'où devait dépendre la légalité ou l'illégalité de l'état de recouvrement établi par le Maire.

Le conseil de préfecture du Rhône a rendu deux arrêtés qu'il serait trop long d'insérer ici et que nous nous bornons à signaler : dans le premier en date du 15 décembre 1911, il déclare que, bien que le concessionnaire eût signifié son intention formelle et son impossibilité d'exécuter le cahier des charges de sa concession, il n'en était pas moins tenu de payer l'amende de 4 francs par chaque jour de retard.

Dans le second arrêté le conseil de préfecture appliqua, le 24 février 1912, à la commune de Jarnioux qui se trouvait dans les mêmes conditions, la même jurisprudence : en la précisant peut-être encore davantage par les mots suivants : « le recouvrement de ces amendes peut être poursuivi sur « les biens du concessionnaire. »

Avant d'exposer le système présenté par la commune de Marcy-l'Étoile et accepté par le conseil de préfecture, nous tenons à bien préciser, pour la clarté de nos réflexions, que le concessionnaire, M. Grialou, avait à plusieurs reprises indiqué qu'il n'exécuterait pas son contrat, *qu'il ne pourrait jamais l'exécuter, et que l'on se trouvait en présence, non point d'un retard mais d'une inexécution.*

II. *Système adopté par le conseil de préfecture.* — Il semble que ce système puisse se résumer ainsi : « Le contrat indique « une amende, pour le cas où les projets d'exécution ne « seraient pas présentés en temps voulu par le concession- « naire au maire de la commune concédante. Cette amende « a été fixée à un chiffre que tout le monde trouvera élevé, « soit 4 francs par jour.

« Mais le chiffre n'a aucune influence sur la nature juri- « dique de la stipulation : nous nous trouvons en présence « d'une clause pénale, c'est-à-dire d'un chiffre accepté par « les parties, en prévision d'un manquement au contrat : « en droit administratif comme en droit civil, l'article 1152 « du Code civil est applicable en ce sens que la clause pénale « ne peut être modifiée par aucun tribunal ; le consentement « des parties donné au moment de la signature pour l'adop- « tion de ce chiffre est à la fois souverain et immuable.

« Sans doute, il plaît aujourd'hui au concessionnaire de « dire qu'il n'exécute et qu'il n'exécutera jamais son contrat : « Mais *inexécution et retard perpétuel* sont rigoureusement « synonymes. La concession était faite pour une durée de « trente années : l'inexécution du contrat mettra le conces- « sionnaire en retard pendant trente années, ce qui le con- « stituera débiteur, d'une somme de 4 francs, autant de fois « qu'il y aura 365 jours dans 30 ans ; le chiffre auquel on « arrive par ce calcul est de 45 000 francs.

« Et cette somme sera perpétuellement exigible sur les « biens du concessionnaire : En effet, nous lisons bien, dans « le cahier des charges, que les amendes doivent être pré- « levées sur le cautionnement : ce prélèvement dans notre « hypothèse deviendra rapidement impossible, puisque la « première somme réclamée l'épuise complètement. Mais le « prélèvement est pour la commune une facilité, une garan- « tie. La suppression d'une couverture donnée à une com- « mune n'empêche point que la dette se continue : elle « pèsera sur le concessionnaire soit jusqu'à ce qu'il ait exé- « cuté son marché, soit jusqu'à ce que ce marché soit « périmé. »

III. *Examen et discussion de ce système.* — Ce raisonnement, d'après la commune, se recommanderait, paraît-il, par sa très grande simplicité, et par sa complète conformité aux principes du droit civil dont l'application s'impose même en matière administrative, à moins d'une disposition contraire.

Nous répondrons tout d'abord qu'il faut peut-être, surtout en matière administrative, se méfier des raisonnements si simples ; surtout quand ils arrivent à une ..... énormité, telle qu'elle ne pouvait être envisagée par les parties contractantes, ni dans l'esprit du rédacteur du cahier-type.

Le résultat auquel on aboutit est le suivant : Une commune a contracté pour avoir la lumière, c'est apparemment parce qu'elle sentait le besoin de se donner à elle-même ou de procurer à ses habitants le courant électrique que le progrès réclame partout ; le cautionnement est la garantie d'une exécution rapide ; personne ne trouvera étrange qu'une commune exige une très grosse couverture et qu'elle l'absorbe immédiatement, sans autre forme de procès, si le but du contrat n'est pas atteint. Mais si le concessionnaire se déclare nettement dans l'impossibilité de réaliser lui-même le but du contrat, il semble bien que la commune ne doive avoir qu'une idée : reprendre sa liberté pour pouvoir contracter avec d'autres et l'on admettra difficilement qu'elle se serve de cette occasion pour se procurer simplement des rentes. Bien plus, la situation sera la suivante : pour continuer à toucher les sommes prévues, la commune sera intéressée à ne jamais avoir la lumière et à en priver les habitants, car elle ne peut avoir d'autres distributeurs que si elle résilie le premier contrat. Mais alors elle fait tomber la rente annuelle qu'elle tire de la situation de l'entrepreneur. Et elle sera maîtresse de faire cesser cet état de choses, quand elle estimera qu'il a assez duré ; elle exigera alors la déchéance et gardera les indemnités versées. Aussi nous constatons, même avant de nous demander s'il est possible qu'une pareille situation ait été envisagée par le rédacteur du cahier-type, qu'une pareille hypothèse serait bien extraordinaire, d'après les résultats auxquels elle conduirait, et serait contraire à toutes les idées admises en matière administrative.

Mais, indépendamment de ces raisons que l'on pourrait en quelque sorte appeler des raisons de sentiment, nous déclarons ne pouvoir admettre le raisonnement de la commune de Marcy-l'Étoile, parce qu'il est établi sur une base juridiquement fausse ; en effet, probablement pour s'éviter la peine de le démontrer, elle admet comme un principe évident qu'il y a une assimilation absolue au point de vue de la clause pénale *entre le retard et l'inexécution* ; et que ce qui est prévu pour la première de ces deux hypothèses, doit être appliqué

[1] Cette première instance est loin d'être intéressante : M. Grialou prétendait que le fait de n'avoir pas déposé son cautionnement l'avait libéré de cette obligation ; de plus, en rejetant sa prétention et en le condamnant aux dépens, le Conseil de Préfecture établissait que ce n'était pas à lui à condamner à des amendes puisqu'elles étaient indiquées par contrat ; enfin, comme il s'agissait de savoir si le point de départ des amendes était la date de la notification de l'approbation ou la date même de cette approbation, le Conseil a accepté cette dernière époque.

pour la seconde, en vertu d'une sorte d'axiome d'après lequel, par définition, l'inexécution certaine, avouée, ne serait qu'un retard prolongé jusqu'à l'expiration du contrat.

Eh bien, cette assimilation est absolument inacceptable et elle est aussi contraire à ce qui est admis dans le langage courant et la pratique des affaires que dans la jurisprudence.

Je ne crois pas que l'on puisse dire couramment que l'on est « en retard » quand on n'est pas parti, pour la bonne raison que dans ce dernier cas on n'arrivera jamais; il semble que je ne puisse être en retard, au contraire, que si, étant parti, je n'arrive qu'après l'heure fixée; mais personne ne dira jamais que je serai en retard, si avant de me mettre en route, je déclare que je ne pars pas, que je ne partirai pas et qu'au surplus il m'est impossible de partir.

Il en est de même dans l'hypothèse d'une marchandise à livrer. Devant le Tribunal de commerce je ne pourrai plaider le retard que si la marchandise n'est arrivée qu'après l'heure fixée. Le marché sera inexécuté lorsque j'aurai prévenu que je me trouvais dans l'impossibilité de faire l'exécution.

Et puisque la commune de Marcy-l'Étoile nous convie à appliquer, en matière administrative, la jurisprudence civile, c'est avec plaisir que, déférant à sa réquisition, nous examinerons si vraiment les tribunaux civils ont admis ou ont repoussé l'assimilation immédiate et absolue entre la clause pénale prévue dans un contrat pour un retard dans l'exécution, et la clause pénale à appliquer en cas d'inexécution.

Par deux fois, la Cour de Cassation a eu à s'en occuper.

Par arrêt du 8 juillet 1873, dans une instance Lamy-Bouillet (Dalloz 1874, I. p. 56), elle a jugé l'affaire suivante: un navire devait être rendu en Espagne à une date déterminée : la clause pénale, par jour de retard, était de 500 francs pour les cinq premiers jours et de 1000 francs par jour au delà de cette date.

Au bout d'un certain temps, le navire n'étant point arrivé à destination, les juges avaient prononcé la résiliation du contrat et déclaré que la clause pénale fixée pour retard devait recevoir son application, même en matière d'inexécution.

La Cour de Cassation par l'arrêt précité a déclaré qu'il faut toujours, par interprétation du contrat, établir quelle a été la volonté des parties contractantes, au moment de la signature, et s'il est prouvé qu'elles ont voulu prévoir uniquement l'hypothèse du retard, elles ont laissé en dehors du contrat celle de l'inexécution; d'où il suit que, si le juge se trouve en présence d'une inexécution avérée, il n'est pas lié par la clause pénale; et quand on lit cet arrêt, il semble bien, comme fait remarquer l'annotateur, que si le juge a décidé qu'il y avait « inexécution » et non pas « retard », c'est que le terme marqué par la convention était expiré sans qu'il y ait eu commencement d'exécution de la part du débiteur, ce qui revient à dire, comme nous l'indiquions plus haut, que pour être en retard, il faut être au moins parti [1].

Dans un autre arrêt bien antérieur, mais beaucoup plus précis encore, la Cour de Cassation avait jugé de la façon suivante : un sieur Contin avait promis à un sieur Courdoux de lui passer un bail, à première réquisition, d'un appartement situé dans une maison lui appartenant, à peine de 5 fr de dommages-intérêts par chaque jour de retard.

Le sieur Contin n'exécutant pas cette promesse, le sieur Courdoux l'actionna en réalisation du bail promis ou en condamnation à 5 fr de dommages-intérêts par chaque jour de retard pendant toute la durée que ce bail aurait dû avoir en vertu de la convention. Mais le tribunal d'Avesnes, et la Cour de Douai ont fait le raisonnement suivant : Ce n'est plus en présence d'un retard que se trouve le demandeur, mais en présence d'une inexécution : la meilleure preuve se trouve dans ce fait qu'il est contraint de demander « la réalisation » du bail; or, ce qui a été prévu dans le contrat, c'est le retard, le fait en présence duquel se trouve le juge, c'est « l'inexécution », dès lors il ne faut pas considérer le juge comme lié pour cette hypothèse par la clause pénale qui a été insérée au contrat pour l'hypothèse toute différente du retard.

La Cour de Cassation a statué comme il suit : « Attendu que le débiteur contrevient à ses engagements et devient passible de dommages-intérêts de deux manières, soit en raison de l'inexécution même, soit à raison du retard dans l'exécution; que si la stipulation de la clause pénale a en vue le simple retard et se tait sur l'inexécution, ou réciproquement, le préjudice résultant de celle des deux hypothèses qui n'a pas été prévue, n'ayant pas été réglée par la convention, il appartient au juge de l'apprécier et d'arbitrer la somme des dommages-intérêts : attendu que, suivant les constatations de l'arrêt dénoncé, la clause pénale insérée dans le contrat de bail intervenu entre les parties avait pour unique objet le retard dans l'exécution, et que l'action du demandeur, nettement formulée par ses conclusions, tendait exclusivement à la réparation du préjudice résultant de l'inexécution; que l'arrêt dénoncé, distinguant entre le simple retard et l'inexécution, deux sources différentes de préjudice pour le créancier, refuse d'appliquer à cette dernière hypothèse la clause pénale stipulée en vue du simple retard, et détermine en conséquence la quotité des dommages-intérêts dont le défendeur est tenu pour n'avoir pas exécuté son obligation. »

Tels sont donc bien les principes généraux du Droit : en un mot ils nous invitent à interpréter le cahier des charges. Si de son texte, il résulte qu'en prévoyant l'hypothèse du retard son rédacteur a voulu envisager en même temps, même d'une façon implicite, l'hypothèse de l'inexécution, pour les assimiler l'une à l'autre au point de vue de la clause pénale, la décision intervenue se comprend : mais elle reste inintelligible, si l'interprétation est en sens contraire :

Or, si l'on se met en face des termes mêmes du paragraphe 4 de l'article 30, que l'on pourrait appeler « l'article des amendes », il est impossible d'admettre que ces amendes ont été prévues pour le cas d'inexécution : il suffit, en effet, de remarquer que l'article 30 dit que les amendes seront dues « jusqu'au jour où l'infraction aura cessé »; mais pour qu'elle « cesse », il faut qu'elle ait « commencé », ou alors on aurait dû écrire à la suite : « ou jusqu'à l'expiration du contrat ».

Puisque cet article prévoit plusieurs amendes pour retard à des titres différents, il faut examiner son application, non seulement en ce qui concerne la remise des projets, mais aussi en ce qui concerne les retards sur les autres points. Ainsi, par exemple, une amende est prévue pour le retard apporté dans l'accomplissement de l'art. 28, c'est-à-dire dans la remise des statistiques d'exploitation. La théorie de la commune lui donnera le droit, si elle est admise, de réclamer cette amende jusqu'à la fin de la concession; car il est certain que, puisqu'il n'y a pas d'exploitation, il n'y aura point de statistique .....; de même encore l'article 30 punit d'une amende toute infraction à l'article 15, par lequel le concessionnaire est tenu de donner dans un délai prévu, aux personnes qui en feront la demande, le courant électrique qui fait l'objet de la concession. Il faudra dire que le concessionnaire qui n'a jamais commencé son réseau, est en retard, pour sa fourniture jusqu'à l'expiration de son contrat. Enfin il doit donner, d'après l'article 9, un courant de tension déterminée sous peine d'une amende; mais cette tension ne sera jamais donnée si le courant n'est pas fourni. Consé-

[1] Voici le sommaire de l'arrêt de la Cour de Cassation : « La clause pénale, stipulée en vue du retard dans l'exécution d'une convention devient sans objet si la convention est résolue par l'inexécution, en conséquence les dommages-intérêts doivent en ce cas être appréciés, non d'après les stipulations de la clause pénale, mais d'après les principes du droit commun. »

quence d'après la théorie de la ville : 30 ans de retard, 30 ans d'amende...!!

N'oublions pas qu'une pareille interprétation serait déjà étrange si les parties elles-mêmes avaient libellé leur contrat, n'oublions pas surtout que ce n'est pas elles qui en ont fait la rédaction. Elles l'ont puisée toute faite dans le décret du 17 mai 1908, c'est-à-dire élaborée par le Conseil d'État, après avoir passé par la filière administrative, représentée dans l'espèce par une Commission imbue des principes admis en pratique dans tous les cahiers des charges : jamais on ne fera admettre qu'après avoir écrit l'article 25 qui permet à l'autorité concédante de demander contre le concessionnaire la peine la plus grave (¹), c'est-à-dire la déchéance, quand le concessionnaire n'aura pas remis dans les délais prévus les projets de ses travaux, le rédacteur ait voulu ensuite dire par l'article 30 que, dans la même hypothèse, l'autorité concédante aurait en plus le droit de réclamer pour toute la durée du contrat, les amendes prévues pour retard.

Et il semble beaucoup plus normal d'admettre que le rédacteur ait voulu se placer, dans l'article 25, en face de l'hypothèse d'un retard qui donnerait à la commune des doutes sur la réalisation de l'entreprise. Si ce retard lui parait ressembler à un abandon par le concessionnaire, elle aura le droit de provoquer la déchéance qui, en lui laissant le champ libre, fera tomber définitivement dans sa caisse le cautionnement déposé. A fortiori en sera-t-il ainsi pour le cas où, au lieu d'un doute à concevoir, elle n'aura qu'un aveu formel d'inexécution à constater : si, au contraire, elle ne sollicite pas la déchéance, et si le concessionnaire manifeste au contraire l'intention d'exécuter son contrat, elle le condamnera purement et simplement à l'amende pour retard « qu'elle prélèvera » sur le cautionnement, comme le dit si bien l'article 31 dans son avant-dernier paragraphe.

Et alors toutes les différentes stipulations du contrat, loin de demander une véritable gymnastique intellectuelle, pour être comprises, se trouveront en équilibre, c'est-à-dire en parfaite harmonie.....

Le conseil de préfecture, au risque d'enfoncer une porte ouverte, a cru devoir dire, que le cautionnement n'est pas une somme déposée à titre de dédit, permettant au gré du concessionnaire de conserver ou d'abandonner son contrat.

Je ne crois pas que jamais personne ait soutenu que le cautionnement pût avoir ce caractère.

Mais il n'en est pas moins vrai que, dans l'espèce, la perte du cautionnement sera la seule peine que l'inexécution pourra causer à l'entrepreneur, puisque le contrat ne contient que des peines prévues pour des retards. Sans doute la peine sera légère dans le cas particulier; mais, si elle avait demandé, comme elle aurait pu le faire, un fort cautionnement, la commune de Marcy-l'Étoile trouverait aujourd'hui parfaitement juridique ce raisonnement qui lui paraît absurde parce qu'il ne lui fait gagner que 500 francs.

Le jugement du 15 décembre 1911 pourra être consulté si on le désire : celui du 3 février 1912 est inutile car il ne fait que reproduire en les soulignant encore les moyens consignés à la première décision.

PAUL BOUGAULT.
Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

(¹) On nous dispensera, je pense, d'insister sur ce principe qu'en matière administrative la déchéance est la mesure la plus grave qui puisse être prise contre l'entrepreneur : s'il fallait une autorité à l'appui de cette affirmation, nous citerions les paroles de M. Romieu dans ses remarquables conclusions dans l'affaire Deplanque contre Commune de Nouzon ainsi conçues : « la déchéance, qui est la rupture définitive du contrat, est en matière de concession, une mesure tellement grave que l'on devra hésiter avant d'y avoir recours. »

REVUE DE LA PRESSE

ÉLECTROTHERMIE

Le four à induction dans la pratique. — Les différentes aciéries produisant actuellement de l'acier au four électrique utilisent le four à arc, le four mixte à arc et à résistances ou le four à induction. D'après une étude du Dr Nathusius sur les chances de succès des divers fours; l'avenir de la production électrique de l'acier appartiendrait au four mixte à arc et résistance. La réalisation industrielle du principe du four à induction, permettant la production de la chaleur sans électrodes, présente des difficultés. Le four à induction n'est réellement intéressant que pour le remplacement pur et simple du four à creusets et des petites charges comprises entre 1 et 2 tonnes. Le four doit rester simplement un four de fusion, l'affinage y étant incommode. La faible largeur des rigoles de coulée rend très difficile, l'enlèvement des crasses, la répartition uniforme des additions, la prise des éprouvettes et la surveillance du four. Les courants d'induction passent en outre plus facilement dans le bain de fer que dans les crasses mauvaises conductrices; il est nécessaire de surchauffer le fer pour arriver à fondre les crasses. La rotation du bain est si énergique que les laitiers sont éliminés avant que les réactions aient eu le temps de se produire. La mise en marche exige qu'on ait abandonné, dans le four une fraction de la charge précédente, ce qui peut être gênant pour la production d'acier exactement dosé.

L'emplacement même qu'offre le four pour y placer les bobines primaires du transformateur est loin d'être adapté à cet usage par suite de la forte chaleur qui y règne, des étincelles, poussières, crasses qui l'emplissent et du peu de soin qu'en ont d'ordinaire les hommes du four. Le refroidissement du transformateur est obtenu par un courant d'air frais, qui augmente les pertes de chaleur du four. La construction de celui-ci, plus électrique que métallurgique est par elle-même plus coûteuse que celle du four à arc. Un autre inconvénient est l'obligation d'alimenter les fours à induction de plus de trois tonnes avec du courant à fréquence inférieure à 20 p : sec. fourni par un convertisseur de fréquence ou un alternateur spécial coûteux, car on doit l'établir en tablant sur un cos φ de 0,6 à 0,7. Le four à arc n'a besoin que d'un transformateur statique à huile sans autre entretien qu'un nettoyage annuel, et sans personnel spécial pour sa surveillance, alors que le convertisseur ou l'alternateur exigent la présence continue d'un homme. Enfin le rendement du four à induction, y compris les pertes dans le transformateur, reste compris entre 72 et 82 pour 100, alors que celui du four à arc atteint 95 à 99 pour 100.

Ces inconvénients doivent être signalés dans l'intérêt même du développement de la production électrique de l'acier. L'usine Röchling-Rodenhauser a déjà entrepris de remplacer le chauffage par induction par un chauffage au moyen de résistances recevant le courant par des électrodes fixes prises dans la maçonnerie, combiné avec un arc produit par des électrodes mobiles en charbon qu'on introduit depuis le haut dans le bain. (*Chemiker Zeitung*, 9 juillet, 1912). M. A.

INSTALLATIONS

Téléphonie sans fil dans les mines. — Des essais viennent d'être faits avec succès par l'ingénieur Reinecke, à Bochum, en vue de l'application de la téléphonie sans fil dans les mines. Les dispositifs employés diffèrent de ceux de la télé-

phonie sans fil ordinaire par suite du fait que les conducteurs des galeries tels que rails, conduites d'eau, etc., peuvent être utilisés à la transmission et permettent de notables simplifications des appareils. Les couches inférieures des terrains jouent un rôle spécial dans la transmission. Alors que la terre forme à sa surface un grand condensateur absorbant immédiatement les quantités d'énergie qui lui sont fournies, les couches inférieures se comportent vis-à-vis des charges statiques comme des matériaux isolants. Il s'en suit que les rails et conduites d'eau placées dans ces couches peuvent être utilisés comme conducteurs de charges relativement faibles; de courtes interruptions de ces conducteurs peuvent même être franchies par le courant. Il suffit, pour obtenir les charges statiques, d'un circuit fermé de 12 v et d'environ 0,5 ampère, dans lequel sont intercalés un microphone émetteur et un appareil à induction tranformant en courants à 1000 v et à haute fréquence les courants variables développés dans le microphone lorsqu'une personne parle devant celui-ci. Ces courants à haute tension et faible intensité se ferment à travers le réseau imparfait des rails et conduites et transmettent leurs oscillations à l'éther environnant, de la même manière qu'un poste de télégraphie sans fil. L'appareil récepteur est un téléphone en dérivation sur une conduite ou monté sur un fil assez long qui n'a même pas besoin d'être réuni à une conduite.

L'appareillage complet d'un poste pèse 11 kg. La distance maxima à laquelle s'effectua la transmission dans les expériences de Bochum fut de 1,7 km; cette portée était suffisante pour permettre à l'ingénieur qui reste au jour de communiquer depuis son bureau avec la partie la plus éloignée des galeries. Ces essais montrèrent en outre que la transmission n'était pas influencée par les lignes de transport d'énergie, tant qu'une communication directe entre les deux systèmes de conducteurs n'était pas établie. Les amorces des cartouches d'explosifs ne sont pas portées à l'incandescence par les courants téléphoniques trop faibles; aucun danger n'est à craindre de ce côté. (*Z. d. V. D. I.*, n° 42, 1912).

M. A.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Mise en marche de moteurs à courant continu sans résistance de démarrage. — M. Carl Trettin, de Berlin, montre dans une étude très approfondie de cette question qu'il est souvent avantageux de mettre en marche les moteurs à courant continu à excitation shunt en les reliant directement au réseau sans intermédiaire de résistance de démarrage. L'auteur établit ce fait par l'intégration des équations différentielles de la période d'établissement du courant entre le courant i, la vitesse angulaire ω, et le temps t. Ces équations sont les suivantes :

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \left(\frac{1}{t} + \frac{1}{\delta}\right)\frac{di}{dt} + \frac{1+\beta(1-\alpha)}{\alpha\delta t}(i - i_o) = 0;$$

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} + \left(\frac{1}{t} + \frac{1}{\delta}\right)\frac{d\omega}{dt} + \frac{1+\beta(1-\alpha)}{\alpha\delta t}(\omega - \omega_o) = 0.$$

L'indice o représente la marche normale; $t = \frac{L}{R}$ quotient de la self-induction du circuit par la résistance ohmique; $\delta = \frac{T}{\gamma}$ où T est le moment d'inertie de la partie tournante et où γ représente le quotient du couple normal M_o par la vitesse angulaire ω_o; $\alpha = i_o \frac{R}{E}$ où E est la tension appliquée en volts.

Soit M le couple exercé par l'induit exprimé en kg. M comprend une partie constante M_1 et une partie proportionnelle à la vitesse $\gamma\omega$; on a $M = M_1 + \gamma\omega$. On peut poser également : $M_1 = \beta M_o$. En intégrant pour les trois cas particuliers : $M = \gamma\omega$; $M = M_1$ et $M = 0$, on arrive à des équations représentant la variation du courant et de la vitesse angulaire dans ces trois cas. Des essais à l'oscillographe exécutés aux usines Siemens Schuckert démontrèrent l'accord des phénomènes observés pratiquement avec les prévisions théoriques. On peut en conclure, d'après l'auteur, que les objections faites au système de la mise en marche directe ne sont pas fondées. Ces essais portèrent sur un moteur shunt de 290 chevaux à 350 t:min, qu'on connecta directement à 120 puis à 240 v. La courbe du courant monta à 3000 ampères en moins de 0,05 seconde, puis redescendit à l'intensité normale de 1120 ampères après une seconde sans qu'aucune détérioration ou même une étincelle aux balais puisse être constatée.

Une deuxième série d'études porta sur le freinage par mise en court-circuit de moteurs d'ascenseurs. Le courant et la vitesse sont reliés au temps par les équations suivantes : $-i = J_k . e^{-\frac{t}{\delta}}$ et $n = n_o e^{-\frac{t}{\delta}}$. Le nombre de tours entre la vitesse de pleine charge et l'arrêt est : $Z = \frac{n_o}{60}\delta$. Dans ces équations, J_k représente l'intensité de court-circuit, n_o la vitesse normale et δ une constante de temps égale à $\frac{9{,}81 . T . \omega_o^2}{E J_k}$.

(*E. T. Z*, n°s 30 à 32, 1912.) M. A.

Étude du freinage utile dans les moteurs à courant monophasé à collecteur à caractéristique série. — 1° En général le freinage utile des moteurs à courant monophasé à collecteur à caractéristique série est contrecarré par la production de courants antagonistes. Ce freinage peut toujours être obtenu lorqu'on retarde ou qu'on empêche, grâce à des mesures appropriées, la production de ces courants.

2° Dans les moteurs série à champs rectangulaires on réalise le freinage utile stable en intercalant un transformateur intermédiaire à haute résistance magnétique entre les circuits de travail et d'excitation. On peut arriver par un choix convenable du transformateur à empêcher entièrement l'auto-excitation des courants antagonistes, même lorsque la résistance de freinage est mise en court-circuit.

3° Le freinage des moteurs à répulsion de toutes constructions est favorisé par de fortes inductions dans le champ transversal, d'où l'agrandissement normal de l'entrefer de ces moteurs. Il serait nécessaire, pour empêcher entièrement la production des courants antagonistes, d'adopter des valeurs très élevées pour l'induction dans le fer, ce qui entraînerait des pertes inadmissibles. On préfère ne pas empêcher complètement l'auto-excitation, bien que le freinage ait un rendement inférieur à la valeur qu'il atteint dans les moteurs précédents.

4° Dans tous ces moteurs le rendement du freinage utile peut être élevé par des combinaisons convenables de résistances de freinage et de bobines de self avec les moyens précédents, ou par tout autre dispositif permettant d'augmenter la réactance.

5° La possibilité d'un freinage utile à toutes les vitesses est une propriété spéciale au moteur monophasé à collecteur à caractéristique série et constitue une supériorité de ce moteur sur tous les autres en ce qui concerne le freinage.

6° Les résistances utilisées en pratique surpassent en général celles qu'indique le calcul. Le rendement du freinage d'un moteur à répulsion est à peine de 60 pour 100.

7° L'existence d'une protection contre l'auto-excitation de courants parasites peut être parfois intéressante également dans la marche en moteur. Les mêmes moyens sont employés. (*Electrotechnik und Maschinenbau*, n° 36, 1912.) M. A.

Influence du courant de démarrage de gros moteurs sur une installation de transport d'énergie. — Les limites du courant de démarrage et de la puissance d'un moteur à

courant alternatif sont déterminées par les facteurs suivants : 1° Charge maxima de l'appareil à actionner, rendement du moteur et de la ligne ; 2° Variation de la tension du réseau au démarrage ; 3° Puissance maxima de la centrale. D'après les mesures de l'auteur dans un district industriel américain, le courant de démarrage d'un gros moteur dont la puissance est les quinze centièmes de la puissance totale des moteurs branchés sur le réseau ne dépasse pas le courant normal de la centrale. Lorsque la puissance du gros moteur est égale à la moitié de la puissance totale des moteurs connectés, son courant de démarrage surpasse de 25 pour 100 le courant moyen de la centrale. Cet excédent passe à 50 pour 100 lorsque la puissance du moteur est égale à 66 centièmes de celle de la totalité des moteurs. Il s'agit, dans les deux derniers cas, de moteurs asynchrones à induit en court-circuit. L'expérience personnelle de l'auteur l'amène à la conclusion que la puissance maxima d'un moteur ne doit pas dépasser les 25 centièmes de la puissance totale des moteurs installés. (*Proceed. A. I. E. E.*, juin 1912.) M. A.

MOTEURS THERMIQUES

Le moteur à huile Junkers. — Ce moteur, basé sur le principe du moteur Diesel, fut étudié et introduit dans la pratique industrielle, après plusieurs années d'études, par le professeur Junkers, d'Aix-la-Chapelle. Il a pour objet l'utilisation de combustibles à très bas prix ; son prix d'achat, son rendement, ses dépenses de graissage et d'entretien peuvent être considérés dès maintenant comme très favorables. Sa construction, très simple, ne comporte pas de commande par soupapes, de tête de cylindre ni de presse-étoupes. Le graissage, le refroidissement et la surveillance du moteur sont faciles. Les combustibles les moins chers, tels que les résidus d'asphalte, peuvent être employés.

Le cylindre a la forme d'un tube de diamètre faible relativement à la longueur, ce qui lui assure un bon rendement thermique, un balayage complet des gaz d'échappement et de faibles pertes par refroidissement. Il contient deux pistons se déplaçant en sens inverse. Cette disposition favorise l'effet moteur ; de sorte que le poids par cheval développé du moteur Junkers se trouve réduit à la moitié environ des valeurs minima atteintes dans les meilleurs moteurs à vapeur ou à explosion. L'équilibrage des masses tournantes est excellent d'où un massif de fondation ou un châssis très légers. La machine est susceptible de grandes vitesses et conserve un bon rendement à toutes charges.

Le piston côté manivelle attaque un coude de l'arbre décalé de 180° par rapport à deux autres coudes semblables entre eux qui reçoivent le mouvement du piston arrière par l'intermédiaire d'une traverse, de deux coulisses et de deux bielles. Lorsque le moteur arrive au point mort intérieur et que les deux pistons sont à leur plus faible écartement, l'espace qui les sépare est rempli d'air comprimé à très haute pression et haute température. Le combustible injecté qui s'allume au contact de cet air chaud brûle sous pression constante ; la détente se produit ensuite et dure jusqu'au voisinage du point mort extérieur. A ce moment le piston de la manivelle actionne une coulisse circulaire qui ouvre progressivement l'échappement, tandis que le second piston ouvre une admission d'air comprimé balayant les derniers gaz résidus de la combustion et remplissant le cylindre entre les deux pistons. Ceux-ci commencent alors leur course retour, ferment les deux coulisses, et compriment entre eux à très haute pression l'air du cylindre de façon à ce que la température atteinte dépasse le point d'inflammabilité du combustible dont l'injection dans le cylindre se fait sous pression d'air comme dans les moteurs Diesel. L'air comprimé nécessaire à ces diverses opérations est fourni par un compresseur commandé par le *moteur lui-même*. Chaque piston a toujours l'une de ses faces en contact avec l'atmosphère et parvient une fois à chaque passage arrière dans une partie du cylindre bien refroidie qui n'est jamais balayée par les gaz chauds.

La commande des générateurs électriques est assurée par des moteurs polycylindriques horizontaux ou verticaux en tandem, dans lesquels les pistons avant des deuxièmes cylindres attaquent la traverse arrière des premiers et dont les pistons arrière des deuxièmes cylindres attaquent une seconde traverse arrière décalé de 90° par rapport à la première.

L'auteur donne des diagrammes qui montrent la constance du couple des moteurs Junkers, propriété qui les désigne pour la commande d'alternateurs marchant en parallèle. Il serait inutile, dans les centrales électriques pourvues de moteurs de ce type, de décaler entre elles d'angles déterminés les différentes manivelles, l'équilibrage des masses oscillantes permettant de régler les angles des manivelles entre elles uniquement en vue de l'obtention du couple le plus uniforme. (*Electrical World*, 13 juillet 1912).

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

459 945. — **Gabreau et Delaux.** — *Moyens applicables pour la constitution d'appareils de régulation électrique* (9 février 1912).

440 012. — **Société Sachsische Gruppenwechschalter G. m. b. H.** — *Système de couplage ou montage avec commutateur pour mettre en circuit ou hors circuit à volonté des appareils ou des groupes d'appareils consommateurs de courant électrique* (10 février 1912).

440 056. — **Dewavrin et Salmon.** — *Isolateur pour conducteur électrique* (13 février 1912).

15 585/416 096. — **Courtois.** — *Commutateur interrupteur électrique automatique dit « minuterie »* (29 janvier 1912).

459 952. — **Maréchaux et Dubost.** — *Lampe à arc à charbons dans le prolongement l'un de l'autre* (9 février 1912).

459 953. — **Maréchaux et Dubost.** — *Lampe à arc à charbons convergents* (9 février 1912).

459 913. — **Société Tanazacq, Bosquette et Cie.** — *Perfectionnements dans l'établissement des lampes électriques à filaments métalliques* (8 février 1912).

440 166. — **Northum.** — *Perfectionnements aux dispositifs enregistreurs pour systèmes téléphoniques* (14 février 1912).

15 409/457 979. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Nouveau polyphone* (19 avril 1911).

440 070. — **Société anonyme La Magnéto.** — *Machine magnéto-électrique pour lanternes de cycles et autres véhicules* (24 janvier 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

72 282. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 506. 25 Janvier 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Les dangers de l'huile dans les centrales modernes. — Amélioration de la sonorité des appareils téléphoniques. — Transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique. — Un nouvel étalon de lumière. — Opinion de Tesla sur la diminution de la portée de la T. S. F. pendant le jour. — La foudre globulaire 25

Sur la rotation du flux d'un induit a collecteur. **P. Girault.** . 27

Le calcul des machines a courant alternatif (*suite*). 28

L'électricité appliquée a l'agriculture (*suite*). **Gébelin** 34

Académie des sciences. — *Séance du 25 novembre 1912* : Sur la réception d'antennes au ras du sol, par **F. Rothé**. Sur l'ionisation de l'air par l'arc au mercure sous quartz, par **L. Bloch** 42

Séance du 2 décembre 1912 : Des applications de la diathermie comme ration énergétique d'appoint, par **J. Bergonié**. 42

Séance du 9 décembre 1912 : Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la commutation dans les machines dynamos à courant continu, par **Swyngedauw**. 42

Société internationale des électriciens. — *Séance du 8 janvier 1913* : Compte rendu des travaux des sections. — Discussion sur la commutation, par MM. **Girault**, **Latour**, **Swyngedauw**, **Brunswick**, **Gratzmuller**, **Mauduit** . . 43

Revue de la Presse. — *Appareillage* : Bobinages en aluminium. — *Electrolyse* : Extraction électrolytique du zinc. La désulfuration au four électrique. — *Mesures* : Mesure électrique de la vitesse du vent. Détermination des valeurs momentanées des flux magnétiques périodiquement variables. — *Moteurs* : Traction avec moteurs Winter-Eichberg. Automotrices thermo-électriques 46

Documents officiels. — Distribution d'énergie électrique . . . 48

Brevets d'invention 48

MM. les Abonnés dont l'abonnement expirait fin décembre sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

Les dangers de l'huile dans les centrales modernes. — Tous nos lecteurs savent avec quels soins on procède aujourd'hui à la construction des usines centrales. Les bâtiments sont presque toujours en ciment armé, les conducteurs ou barres sont logés dans des caniveaux incombustibles et les précautions les plus grandes sont prises pour éviter les court-circuits.

Il y a cependant une cause permanente de danger dans toutes ces usines, elle réside dans l'huile qui assure l'isolement des transformateurs, interrupteurs, le graissage, etc.

Presque constamment chaude, cette huile ne demande qu'à s'enflammer; elle constitue donc un aliment excellent pour l'incendie, ainsi qu'on a pu malheureusement le constater dans des cas tout récents : citons en passant l'usine de Vitry, l'usine du chemin de fer électrique du Mont-Cenis, celle du tableau de distribution de Saint-Denis, etc.

On nous permettra donc d'appeler l'attention sur ce danger constant qui réduit à néant les précautions minutieuses dont l'on s'entoure pour la construction des bâtiments des centrales et de leurs sous-stations. Il y aurait peut-être lieu de prévoir l'emploi d'un gaz inerte, tel que l'azote ou l'acide carbonique qui envelopperait les récipients d'huile, tout autour desquels on le comprimerait, ou toute autre solution rendant difficile le contact de l'huile avec l'oxygène de l'air. Les dangers d'inflammation de l'huile étant combattus, les incendies de stations centrales auraient certainement moins de chances de se produire et n'auraient plus la violence qu'on leur connaît. Il est de l'intérêt général des industries électriques de chercher à améliorer la sécurité des centrales; c'est ce qui nous a engagé à appeler l'attention sur cette cause possible d'ennuis, aujourd'hui où l'huile tend de plus en plus à être employée dans le matériel électrique à haute tension. A. S.

Amélioration de la sonorité, des appareils téléphoniques. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 octobre.) — M. Petersen, directeur de la banque de Nykoebing (île de Falster), a amélioré les réceptions téléphoniques en chauffant le cornet d'un récepteur, de manière à y dessécher l'air.

Le résultat est que l'on entend fort bien une communication à grande distance. M. le professeur Hannover a entrepris à ce sujet des expériences, au laboratoire d'essai danois, et a

constaté un accroissement remarquable de la sonorité. Dans des conversations, entre Nykoebing et Kopenhague, on a pu entendre, en posant l'appareil sur la table et en s'en éloignant.

L'idée n'est du reste pas nouvelle; rappelons qu'il y a déjà plus de dix ans, que M. Germain, inspecteur des télégraphes à Paris, a construit des microphones réchauffés pour en augmenter la sonorité. F. L.

Transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 17 octobre.) — Sous le titre : « un accumulateur électrique à lumière » la *Zeitschrift für Elektrochemie* (Journal d'électrochimie) donne les renseignements suivants.

Si on éclaire une solution de chlorure de fer et de bichlorure de mercure, dans de l'eau, ces deux corps se transforment en partie en pechlorure de fer et chlorure de mercure. L'énergie lumineuse est transformée en énergie chimique : cette dernière peut être transformée en énergie électrique.

Ch. Winther réalise cette transformation, en fixant dans un grand entonnoir de verre, une plaque de platine et en la recouvrant d'amiante platinée, puis en versant par-dessus la solution et en éclairant au moyen d'une lampe à vapeur de mercure au quartz. Il faut en outre agiter la surface du mercure au moyen d'un jet d'acide carbonique et refroidir au moyen d'eau froide, à l'extérieur. Après avoir éclairé pendant quelques heures, M. Winther plonge un fil de platine dans le liquide et mesure la différence de potentiel entre celui-ci et la plaque de platine.

Suivant la concentration de la solution, elle a des valeurs différentes, atteignant 0,15 volt, qui restent constantes pendant plusieurs heures, à circuit ouvert. En court-circuit, on peut obtenir un courant d'environ 1 milliampère.

Winther reconnaît que cet appareil n'a actuellement qu'un intérêt purement théorique, et que l'on ne peut songer à l'employer, par exemple, pour recueillir l'énergie solaire, car la lumière ultra-violette nécessaire pour produire les réactions se trouve en très petite quantité dans les rayons solaires. F. L.

Un nouvel étalon de lumière. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 3 octobre.) — Les étalons de lumière employés actuellement, Heffner, Violle, etc., ne donnent pas toute satisfaction, ils sont ou difficiles à transporter ou difficiles à reproduire.

Nutting a proposé d'employer comme étalon, un tube capillaire rempli de gaz hélium, traversé par une décharge électrique. Le Bureau of Standard, de Washington, a étudié depuis six ans cet étalon, et Nutting, à ce sujet, dit que le meilleur est d'employer un tube ayant intérieurement un diamètre de 2 cm, des parois de 2 mm d'épaisseur, et environ 7 cm de longueur, portant à ses extrémités des élargissements obtenus par soufflage, pour recevoir des disques d'aluminium de 1 mm d'épaisseur, et 25 mm de diamètre servant d'électrodes. De 10 à 25 milliampères, il y a proportionnalité entre l'intensité du courant et celle de la lumière. L'émission lumineuse est indépendante de la tension et de la fréquence. Des variations de pression du gaz, entre 3 et 8 mm n'ont aucune importance; il y a un facteur de correction pour des irrégularités du diamètre intérieur du tube.

On a essayé 40 tubes : 4 opérateurs ont, pour chacun d'eux, déterminé l'intensité lumineuse horizontale par cm de longueur. Les variations constatées ont été au plus de 3 pour 100, c'est-à-dire de 1,15 pour 100, par rapport à la valeur moyenne, pour une erreur d'observation probable de 0,16 pour 100.

Cet étalon serait donc acceptable au point de vue de la faculté de reproduction, mais il est à remarquer que son intensité lumineuse est par trop faible ; Nutting n'indique pas le nombre exact de bougies du tube normal. F. L.

Opinion de Tesla sur la diminution de la portée de la télégraphie sans fil pendant le jour. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 31 octobre.) — Tesla n'est pas de l'avis que la diminution de portée des appareils de télégraphie sans fil, pendant le jour est due à l'ionisation de l'air. D'après lui la transmission des signaux s'effectue par conductibilité, en particulier par la terre, et non à travers l'air par les ondes hertziennes.

L'affaiblissement pendant le jour serait dû à la vaporisation de l'eau, dans la moitié de la terre tournée du côté du soleil, la vapeur d'eau entraînant avec elle une plus ou moins grande partie de la charge électrique communiquée à la terre.

F. L.

La foudre globulaire. (*Revue polytechnique de Genève.*) — Le professeur W.-M. Thornton, du collège Armstrong, à Newcastle-sur-Tyne, donne dans le *Physical Magazine* une explication de la formation de la foudre globulaire, observée si souvent sur mer; et cette explication simple et claire s'applique à tous les phénomènes secondaires qui accompagnent ces décharges électriques.

La foudre globulaire descend lentement d'un nuage, généralement après un violent coup de tonnerre, sous la forme d'une boule lumineuse bleuâtre, elle rebondit sur le sol, lorsqu'elle le touche, puis se déplace encore quelques mètres horizontalement. Ces boules suivent volontiers un conducteur électrique, par exemple une conduite de gaz, elles éclatent lorsqu'elles entrent en contact avec de l'eau, cependant l'explosion se produit aussi quelquefois en l'air. La boule disparait alors instantanément en produisant une violente déflagration, qui peut causer des dégâts importants et qui dégage une forte odeur d'ozone.

La foudre globulaire possède donc une très forte réserve d'énergie, mais non toutefois sous la forme d'une charge superficielle, car celle-ci se dissiperait assez rapidement pendant le chemin relativement long que la boule parcourt dans l'air humide. On était jusqu'à présent dans une incertitude complète au sujet de la nature de la foudre globulaire. On admettait simplement qu'elle était une forme spéciale et rare des décharges atmosphériques.

Thornton prétend que si l'on tient compte de toutes les circonstances qui jouent un rôle dans la formation de ces boules, la foudre globulaire ne peut contenir autre chose que les gaz de l'atmosphère. Comme le globe lumineux est plus lourd que l'air et qu'il a une teinte bleuâtre, c'est principalement l'ozone qui entre en ligne de compte pour sa constitution ; l'ozone est en effet 70 pour 100 fois plus lourd que l'air et il se forme avec accompagnement d'une lueur bleuâtre, surtout lors de décharges électriques intenses. Il est bien connu que l'ozone se transforme facilement en oxygène et il est naturel d'attribuer la disparition instantanée de la boule incandescente à la transformation soudaine de l'ozone en oxygène; en outre l'énorme quantité d'énergie qui est libérée par cette transformation explique d'une manière tout à fait satisfaisante l'explosion qui fait sauter la boule.

Comme on le voit, la supposition que la foudre globulaire se compose d'ozone est en concordance parfaite avec les résultats des observations. Il reste seulement à prouver la possibilité de la formation d'une grande quantité d'ozone pendant un orage. Cette preuve est toute trouvée, si l'on compare les phénomènes analogues qui se produisent avec les décharges d'une pointe, et Thornton montre que lorsque, à l'extrémité d'un nuage duquel vient de partir un éclair, la tension est presque suffisante, mais toutefois ne parvient pas à produire une nouvelle décharge, il doit exister pendant un certain temps une ionisation à grande échelle avec forte production d'ozone. Lorsque ce gaz a atteint un certain volume, la boule se forme, elle est chassée du nuage et descend sur la terre sous forme de foudre globulaire.

SUR LA ROTATION DU FLUX

D'UN

INDUIT A COLLECTEUR

A la fin de la belle communication qu'il fit le 4 décembre dernier à la Société des Électriciens, M. Mauduit, parlant du rôle du champ de l'induit dans une machine à courant continu, fit part du remarquable résultat expérimental suivant, qu'il avait obtenu sur une dynamo Rechniewski :

L'induit de cette dynamo étant alimenté par du courant continu avec balais calés sur la ligne neutre, le champ d'induit relevé au repos au balistique sur une section embrassant une dent (à laquelle on faisait occuper les différentes positions possibles et décalées d'une dent à la périphérie) avait à la ligne neutre une valeur égale à 0,4 fois celle aux cornes polaires. En mettant ensuite l'induit en court-circuit et en le faisant tourner avec la très faible excitation nécessaire pour obtenir dans l'induit le courant de l'essai précédent, on constate que la force électromotrice induite dans une section de l'induit, relevée à l'oscillographe, présente la particularité suivante : en mettant à part une série de pointes accentuées dues aux forces électromotrices induites par la bobine en commutation, *la courbe, au lieu de présenter un minimum d'amplitude égale aux deux cinquièmes de celle des sommets comme à l'état statique, tombe à zéro dans la zone neutre de l'inducteur*.

Et M. Mauduit ajoute :

« Alors que le champ est appréciable dans cette zone, le fait que la force électromotrice est nulle dans la section prouve qu'il n'y a pas de variation de flux dans la section et par suite que le flux se déplace avec elle ».

Nous avions pressenti ce phénomène dans une étude ancienne sur la commutation ([1]).

Dans le même ordre d'idées, nous désirons montrer comment l'on peut, dans le cas très simple de l'induit transformateur à courant continu avec stator en tore, concevoir à priori la rotation du champ d'induit avec l'induit et faire ressortir l'importance du flux dû aux bobines en commutation :

Soit (fig. 1) un induit lisse en anneau bipolaire R avec collecteur à nombre pair de lames et stator S en tore; mettons cet induit en rotation et alimentons-le en courant continu par deux lignes de balais bb' diamétralement opposées.

Supposons le courant d'alimentation constant et la largeur d'un balai inférieure à celle d'une lame.

L'induit se reproduit identique à lui-même lorsqu'il a tourné de l'angle correspondant à une division du collecteur. Il nous suffit donc d'étudier ce qui se passe lorsque le milieu de l'un des balais bb' passe du centre d'une lame au milieu de la lame suivante :

Pendant ce temps, décomposons les bobines de l'induit en deux groupes :

1° *Celles non en commutation* qui donnent un flux constant et fixe par rapport à l'induit, tournant avec cet induit; ce flux ne peut induire de force électromotrice dans aucune spire de l'induit.

2° Les deux bobines en commutation cc'; le flux qu'elles produisent est fixe par rapport à l'induit, et

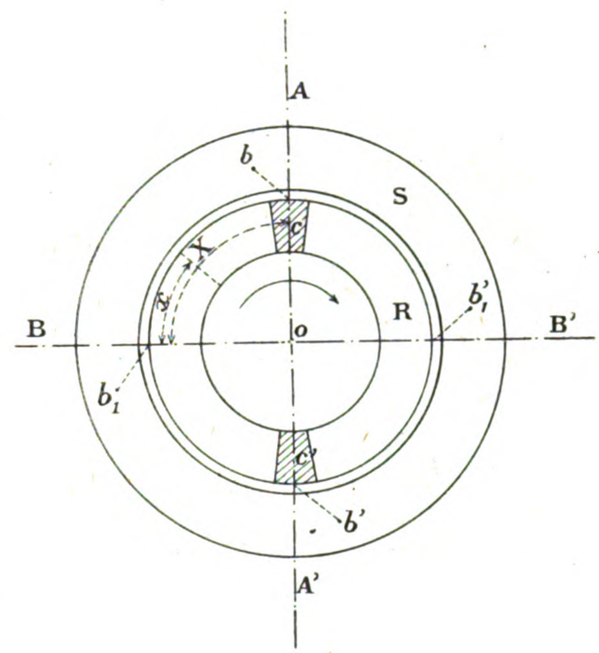


Fig. 1.

tourne donc avec lui; mais est variable dans le temps proportionnellement au courant i_c dans les bobines cc', supposées en commutation synchrone.

Par conséquent, seules les bobines en commutation peuvent induire quelque chose dans les spires de l'induit et uniquement des forces électromotrices statiques. Le flux dû à ces bobines est dirigé normalement à la ligne des balais, avec balancement négligeable par rapport à cette ligne si l'induit est très divisé.

Supposons l'induit infiniment divisé; considérons deux balais secondaires $b_1 b'_1$ appuyant sur le collecteur suivant une ligne BB' normale à la ligne AA' des balais primaires bb'; et soient :

$\mathcal{F}_c$ le flux dans une bobine en commutation dû à cette bobine;

X la distance périphérique des balais bb_1;

φ_c la portion du flux $\mathcal{F}_c$ qui traverse une spire située à la distance périphérique x du balai b_1.

L'induction dans l'entrefer due aux courants de commutation présente à chaque instant une distribution périphérique rectangulaire avec inversion brusque de signe

([1]) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 152, p. 153, et n° 156, p. 255, et aussi *Bull. de la Soc. des Electriciens*, mai 1898, p. 184, 185 et 226.

en b et b'; le flux par spire, nul en b_1, croît donc rectilignement de b_1 en b et nous avons :

$$\varphi_c = \mathcal{F}_c \cdot \frac{x}{X};$$

$$\mathcal{F}_c = 4\pi \cdot \frac{N}{n_c} \cdot i_c \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot l}{4 \cdot 2\delta},$$

formule dans laquelle

N est le nombre de conducteurs périphériques,
n_c le nombre de lames au collecteur,
i_c le courant dans une bobine en commutation,
D le diamètre moyen de l'entrefer supposé petit,
δ la longueur de l'entrefer,
l la longueur commune au rotor et au stator.

Si nous posons :

$$\mathcal{R} = \frac{2\delta}{\frac{\pi D}{2} \cdot l},$$

$$\mathcal{F}_c = \frac{4\pi \cdot N}{2\mathcal{R} \cdot n_c} \cdot i_c.$$

La force électromotrice induite dans la spire de flux φ_c est, abstraction faite du signe :

$$e_x = \frac{d\varphi_c}{dt} = \frac{x}{X} \cdot \frac{d\mathcal{F}_c}{dt}.$$

Comme le nombre de spires correspondant à une longueur périphérique dx est

$$\frac{N}{4X} dx,$$

la force électromotrice instantanée induite entre les balais b_1 b'_1 sera :

$$E = 2\frac{N}{4X} \cdot \int_0^X e_x \cdot dx.$$

$$E = \frac{N}{4} \cdot \frac{d\mathcal{F}_c}{dt}.$$

La force électromotrice moyenne sera :

$$E_{moy} = \frac{N}{4} \cdot \left(\frac{d\mathcal{F}_c}{dt}\right)_{moy},$$

$$E_{moy} = \frac{4\pi \cdot N^2}{8\mathcal{R} \cdot n_c} \cdot \left(\frac{di_c}{dt}\right)_{moy}.$$

Or,

$$(i_c)_{moy} = \frac{I}{T} = \frac{I}{n \cdot n_c},$$

en désignant par

I le courant d'alimentation,
T le temps de reproduction de l'induit,
n la vitesse angulaire en tours par seconde.

Il en résulte :

$$E_{moy} = \frac{4\pi \cdot N^2 \cdot I \cdot n}{8\mathcal{R}}. \qquad (1)$$

Cette force électromotrice est justement égale à celle qui serait produite entre les balais b_1 *et* b'_1 *si le flux de l'induit traversé par le courant* I *était fixe dans l'espace et si l'induit tournait à* n *tours par seconde.*

En effet, l'induction dans l'entrefer due à l'induit supposé un instant au repos aurait une distribution triangulaire avec pointes en b et b' et valeurs nulles en b_1 et b'_1; l'axe du flux serait la ligne AA' et la valeur de ce flux serait :

$$\mathcal{F} = \frac{4\pi \cdot N \cdot I}{8\mathcal{R}};$$

la force électromotrice dynamique induite entre les balais b_1 b'_1 serait :

$$\mathcal{E} = N \cdot n \cdot \mathcal{F} = \frac{4\pi \cdot N^2 \cdot I \cdot n}{8\mathcal{R}}, \qquad (2)$$

valeur égale à celle donnée par la formule (1); et il est facile de voir, en examinant sur la figure les sens des forces électromotrices statique et dynamique, que les sens de E et de $\mathcal{E}$ sont bien les mêmes.

PAUL GIRAULT.

LE

CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(SUITE) [1]

Inductions et densités de courants habituelles. — Nous avons déjà dit que dans les continufluxeurs, les inductions ne sont limitées que par la saturation, le passage du flux ne développant pas de chaleur par lui-même. Dans les alternofluxeurs, les inductions maxima à admettre varient avec la grosseur des appareils et le nombre de périodes,

Les pertes par hystérésis étant proportionnelles au nombre de cycles, l'induction maxima doit varier en sens inverse de la fréquence, de manière que le produit $f \cdot \mathcal{B}^{1,6}$ reste constant.

D'autre part, la surface de refroidissement d'un appareil variant comme le carré des dimensions linéaires et le volume comme le cube, on doit, à égalité d'échauffement, faire varier encore l'induction en sens inverse des dimensions. Si l'on consomme 10 watts dans un cube d'un décimètre de côté, il faut évacuer 1,66 watt par dm². Si l'on consomme 10 watts par dm³ dans un cube de 1 mètre de côté, il faut évacuer 16.66 watts par dm². En principe, l'induction à admettre doit être proportionnelle à l'inverse de la puissance 1/5 du volume; mais, pratiquement on peut adopter pour de gros appareils des inductions plus fortes que celles correspondant à cette

(1) Conférences de M. BOUCHEROT. Voy. *L'Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov. 1912, p. 485, n° 502 du 25 nov., p. 514, n° 504 du 25 déc., p. 555, et n° 505 du 10 janvier 1913, p. 9.

progression, parce que, d'une part, la ventilation est plus active dans les gros appareils que dans les petits, et parce qu'on peut sectionner les gros volumes en volumes élémentaires séparés par des cloisons de ventilation. Les inductions que l'on admet ordinairement sont d'environ : pour 40 et 50 p : s, 10000 gauss dans les petits appareils et 4 à 5000 dans les gros.

Pour 80 et 100 p : s : 6 à 8000 dans les petits appareils et 3 à 4000 dans les gros.

Dans les dentures, qui représentent un petit volume, relativement à l'ensemble des alternofluxeurs, on dépasse très souvent les 10 à 12000 gauss, correspondant à la non-déformation des sinusoïdes et l'on va jusqu'à 18 et 20 000 gauss.

Les densités de courant habituelles dans les conducteurs sont de : 1 ampère par mm² dans les appareils gros et mal ventilés (transformateurs) ; 2 à 3 ampères par mm² dans les appareils bien ventilés, et quelquefois jusqu'à 5 ampères pour les appareils très bien ventilés.

Échauffement des appareils. — Ainsi qu'on le sait, l'échauffement est très difficile à calculer à priori.

Pour les appareils statiques et mal ventilés, on ne compte pas évacuer plus de 5 à 6 watts par dm² pour un échauffement d'une trentaine de degrés. Dans ceux très bien ventilés on peut aller jusqu'à 30 et même 40 watts par dm² pour le même échauffement. Il est donc difficile d'adopter avec certitude un coefficient d'évacuation. Kapp donne comme formule du nombre de watts que l'on peut expulser par dm² en fonction de la vitesse et de la température :

$$\frac{\theta(1+0{,}1\,V)}{5{,}5}$$

dans laquelle θ est en degrés et V en mètres par seconde.

Un autre auteur, Wilson, donne la formule :

$$\frac{\theta\,(1+0{,}18\,V)}{6{,}4}.$$

Mais si l'on tient compte de ce que l'échauffement varie, non seulement avec la vitesse, mais encore avec la forme plus ou moins complexe de l'appareil et la nature des surfaces, il ne faut accorder à ces formules qu'une confiance relative.

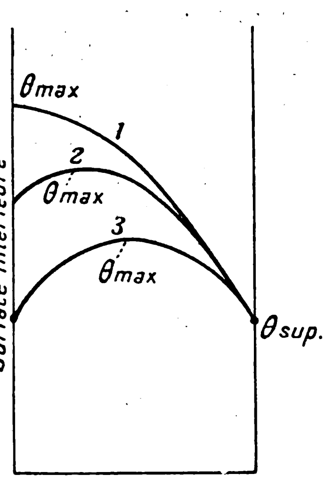


Fig. 32

Ainsi que nous l'avons fait remarquer, d'ailleurs, l'échauffement est peu uniforme dans une machine ; lorsque des fils isolés au coton sont superposés en forte épaisseur, il peut y avoir plusieurs dizaines de degrés de différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Dans une section droite de bobine telle que celle figure 32, la température peut être distribuée suivant l'une des courbes, 1, 2, 3, selon que toute la chaleur s'en va par l'extérieur (1), ou également par l'extérieur et l'intérieur (3), ou inégalement (2).

Pour une épaisseur donnée et une même température superficielle θ_{sup}, la température maxima peut donc être très différente.

La différence $\theta_{max}-\theta_{sup}$ est d'autant plus grande qu'il y a plus d'isolant entre fils, c'est-à-dire d'autant plus grande que le fil est plus fin.

De là la nécessité de ne pas se contenter de mesurer θ_{sup} avec un thermomètre, et de compléter cette mesure par celle de θ_{moy}, que donne l'augmentation de résistance. La plupart du temps on se contente de cette détermination de θ_{moy}. Mais on peut alors connaître θ_{max} à quelques degrés près par la formule :

$$\theta_{max}=\theta_{moy}+a\,(\theta_{moy}-\theta_{sup})$$

dans laquelle a vaut pratiquement de 0,4 à 0,6, et qui résulte de ce que, pour une bobine donnée le rapport $\frac{\theta_{max}-\theta_{moy}}{\theta_{moy}-\theta_{sup}}$ est constant.

Même dans un conducteur en cuivre passant dans un tube isolant, il peut y avoir plusieurs degrés de différence entre la partie centrale et les extrémités du conducteur.

Cherchons à nous rendre compte de la différence qu'il peut y avoir :

La conductibilité calorifique du cuivre est telle que

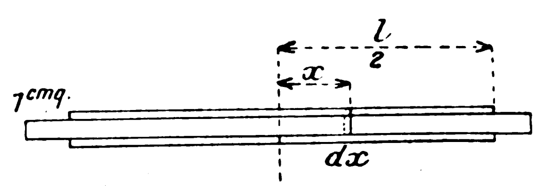


Fig. 33.

pour un cube de 1 cm de côté, ayant entre deux faces extrêmes une différence de température de 1 degré, il passe par seconde environ une petite calorie entre ces deux faces, soit de 4 à 5 watts ; admettons 5. Soit (fig. 33) un tube isolant de l centimètres de longueur, contenant un conducteur de 1 cm² de section, parcouru par un courant 100 δ (δ densité de courant en ampères par mm²) ; supposons, pour simplifier, qu'aucune chaleur ne passe à travers le tube isolant. Considérons un élément dx du conducteur, placé à une distance x de l'axe de symétrie. La quantité de chaleur produite entre cet axe et l'élément dx est :

$$\rho\,x\,\delta^2\,10^4 \text{ watts.}$$

Cette quantité de chaleur qui doit traverser l'élément dx donne lieu entre ses deux faces extérieures à une différence de température,

$$d\theta=dx\,\frac{\rho\,x\,\delta^2\,10^4}{5}$$

et la différence de température entre l'axe de symétrie et l'extrémité du conducteur est :

$$\Delta\theta = \int_0^{\frac{l}{2}} \rho \frac{\delta^2 10^4}{5} x\,dx = \frac{1}{2000} \delta^2 l^2.$$

Par exemple, pour $l = 40$ centimètres et $\delta = 3$ ampères,

$$\Delta\theta = 7^\circ.$$

En prenant un cas exagéré $\delta = 5$, $l = 100$, on aurait :

$$\Delta\theta = 125^\circ.$$

Bobines de self-inductance. — Le calcul d'une bobine de self-inductance ordinaire peut être considéré comme l'exemple le plus simple des calculs relatifs aux appareils à courants alternatifs.

Les bobines de self-inductance sont utilisées pour le réglage des lampes à arc; elles présentent dans ce cas, sur les résistances ordinaires, l'avantage de consommer très peu d'énergie. On s'en sert dans les ateliers de construction, ou lors des réceptions d'alternateurs, pour produire des charges réactives, et se rendre compte des qualités des alternateurs. On peut essayer ainsi, par exemple, un alternateur de 700 kilowatts avec une puissance réelle

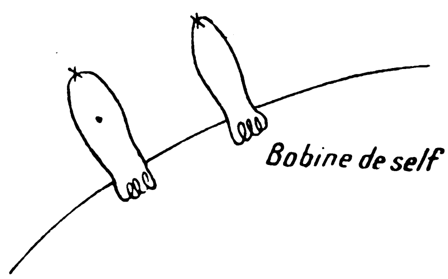


Fig. 34.

d'une centaine de kilowatts. On n'a en effet à fournir que les résistances passives de l'alternateur, l'effet Joule RI^2 de l'induit et de l'excitation; l'effet Joule RI^2, l'hystérésis et les courants de Foucault de la bobine de self.

Elles servent encore dans les distributions en série, comme bobines de sûreté (fig. 34), pour empêcher l'annulation du courant dans tout le circuit lorsqu'un des appareils cesse de fonctionner,

Suivant une disposition due à Dolivo-Dobrowlsky, elles peuvent servir pour faire une distribution en courant continu à trois fils, au moyen d'une seule dynamo.

Enfin on peut réaliser de petits moteurs synchrones tels que celui placé par M. Hospitalier sur son ondographe, au moyen d'une bobine de self-inductance à coefficient variable périodiquement.

Puissance apparente d'une bobine de self. — Dans les bobines de self destinées aux lampes à arc ou aux essais de machines, ce que l'on se propose, ce n'est pas d'avoir un coefficient de self aussi élevé que possible, mais une puissance apparente aussi grande que possible. On econnait aisément, dans ce cas, que l'on a intérêt à ouvrir le circuit magnétique pour augmenter la puissance apparente.

Considérons par exemple (fig. 35), un alternofluxeur de 1 dm² de section sur lequel, pour simplifier, nous enroulerons une seule spire de fil. Si la fréquence est

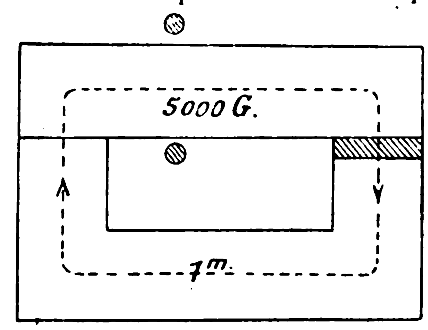


Fig. 35.

de 50 périodes par seconde, l'induction maxima de 5000 gauss, la force électromotrice induite dans cette spire est de :

$$2{,}2 \frac{5000}{10000} = 1{,}1 \text{ volt};$$

Soit 1 m de longueur totale du circuit magnétique; l'induction maxima étant de 5000 gauss, il nous faut pour l'établir une force magnéto-motrice maxima de :

$$5 \frac{5000}{10000} 100 = 250 \text{ ampères-tours}$$

c'est-à-dire, dans le fil, 177 ampères efficaces.

La puissance apparente de la bobine sera donc :

$$\Pi = 1{,}1 \times 177 = 195 \text{ watts},$$

très faible par conséquent, eu égard aux dimensions. Le rendement en serait également très mauvais, la puissance transformée en hystérésis étant de 125 watts environ, c'est-à-dire presque égale à la puissance apparente.

Ouvrons maintenant le circuit magnétique en y introduisant une réluctance supplémentaire constituée par un tube d'air de même section que le fer du noyau et de 1 cm de longueur. Il nous faudra alors, pour établir le flux dans le circuit, en plus des 250 ampères-tours précédents :

$$8000 \times \frac{5000}{10000} = 4000 \text{ ampères-tours}$$

soit en tout 4250 ampères-tours maxima, c'est-à-dire 3000 ampères efficaces dans le fil. La puissance apparente deviendra :

$$1{,}1 \times 3000 = 3300 \text{ watts},$$

et le rendement sera considérablement amélioré. C'est pour une raison analogue que les bobines de Ruhmkorff sont également à circuit magnétique ouvert, l'étincelle étant proportionnelle à la puissance apparente sur courant alternatif. Puisqu'en introduisant une réluctance d'air dans le circuit magnétique, les conditions de fonc-

tionnement sont meilleures, on est tenté d'augmenter cette réluctance pour tirer le maximum d'effet de l'appareil. Mais si, expérimentalement, on augmente l'entrefer d'une telle bobine en reculant la culasse de plus en plus, on constate que le courant tend rapidement vers une limite, et que au delà de 8 à 10 mm d'entrefer, il n'augmente plus sensiblement. Déjà, pour des entrefers inférieurs à 10 mm, le courant est inférieur à ce que le calcul indique, ce qui résulte (fig. 36) de ce que les lignes de force passent d'une partie à l'autre, non pas par un tube de même section que le fer, mais en s'épanouissant.

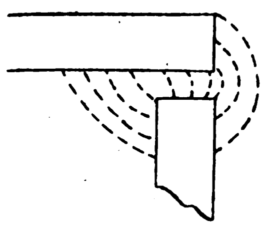


Fig. 36.

Si l'on supprime complètement la culasse (fig. 37) la réluctance de l'ensemble des tubes de force fermant le circuit magnétique est trouvée dans l'espèce équivalente à celle d'un tube d'air de même section que le noyau et de 8 à 10 mm de longueur, longueur bien plus faible que celle à laquelle on s'attendait à priori.

On est donc conduit, pour la réalisation d'une bobine de

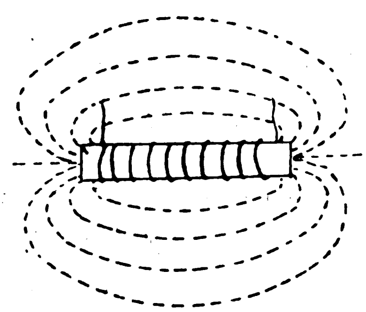


Fig. 37.

self-inductance, à ne pas mettre de culasse et à admettre une réluctance de l'ordre de grandeur de celle que nous venons d'indiquer, devant laquelle la réluctance du fer sera, en général, négligeable.

Mais cette indication est insuffisante et il faut essayer de prédéterminer un tel appareil avec plus de précision. On est alors conduit à un calcul assez long, celui du flux moyen qui passe dans une spire pour un nombre d'ampères-tours total donné : A, en tenant compte des diverses circonstances.

Supposons d'abord le noyau filiforme suivant la ligne AB (fig. 38) et de perméabilité infinie évidemment, puisqu'il y passe un flux fini, sa longueur sera $2a$. Assimilons-le provisoirement à deux charges Q en A et en B. Les champs déterminés en un point M par ces deux charges sont dirigés suivant AM et MB et valent respectivement :

$$\frac{Q}{y^2+(a+x)^2} \quad \text{et} \quad \frac{Q}{y^2+(a-x)^2}.$$

La valeur de la composante horizontale du champ résultant seule nous intéresse; c'est la somme des composantes horizontales des deux champs ci-dessus, soit :

$$\mathcal{B}_h = \frac{Q\,(a+x)}{[y^2+(a+x)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{Q\,(a-x)}{[y^2+(a-x)^2]^{\frac{3}{2}}}.$$

Nous allons chercher le flux total qui traverse le plan méridien YY'. Pour cela faisons $x=0$, $\mathcal{B}_h$ devient :

$$\mathcal{B}_{ho} = \frac{2\,Qa}{(y^2+a^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Dans un anneau de rayon moyen y et de largeur dy, le flux est alors :

$$\mathcal{B}_{ho}\, 2\,\pi y\, dy,$$

et dans un anneau limité par deux cercles de rayons y_1 et y_2 :

$$\int_{y_1}^{y_2} \mathcal{B}_{ho}\, 2\,\pi y\, dy = 4\,\pi Q a. \left[\frac{1}{(y_1^2+a^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{(y_2^2+a^2)^{\frac{1}{2}}}\right].$$

Pour $y_1=0$ et $y_2=\infty$, on retrouve le flux $4\,\pi Q$ émis par un pôle de charge Q. Mais là n'est pas l'intérêt.

On peut se demander au contraire comment ce flux se

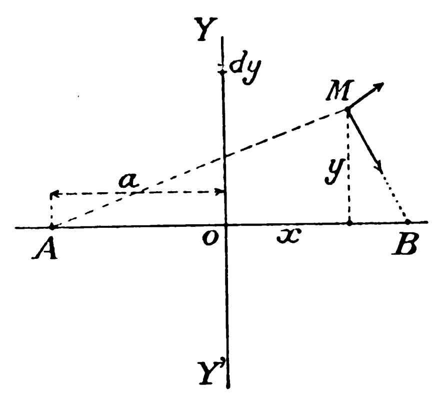


Fig. 38.

répartit dans le plan méridien. On trouve ainsi qu'il y a :

3 pour 100 de ce flux dans un cercle de rayon			$\frac{a}{4}$
11 pour 100	—	—	$\frac{a}{2}$
29 pour 100	—	—	a.

La figure 39 indique la répartition de ce flux dans des anneaux concentriques de largeur a. En dehors du cercle de rayon $10\,a$ il passe encore 10 pour 100 du flux total.

Comme le noyau et sa bobine occupent une place certaine et qu'il peut y avoir des obstacles au passage du flux à une certaine distance, $4\,\pi Q$ est le maximum du flux possible émis par les extrémités du noyau. Il faudra pratiquement compter moins.

Mais il faut exprimer Q en fonction des ampères-tours A, et là commence la difficulté.

Une première indication peut être obtenue si l'on suppose, pour simplifier, que l'induction tout le long de la

ligne AB, infiniment voisine du noyau, est constante et égale à celle en O.

L'induction en O est $(y=0,\ x=0)$: $\mathcal{B}_{00}=\frac{2Q}{a^2}\cdot$ On a alors :

$$\frac{4\pi}{10}A=2a.\frac{2Q}{a^2}$$

d'où

$$Q=\frac{\pi}{10}Aa \qquad \text{et} \qquad \mathcal{F}=4\pi Q=3{,}95\,Aa.$$

Mais cette valeur de flux émis par les extrémités est exagérée, car l'induction le long de AB est plus élevée au

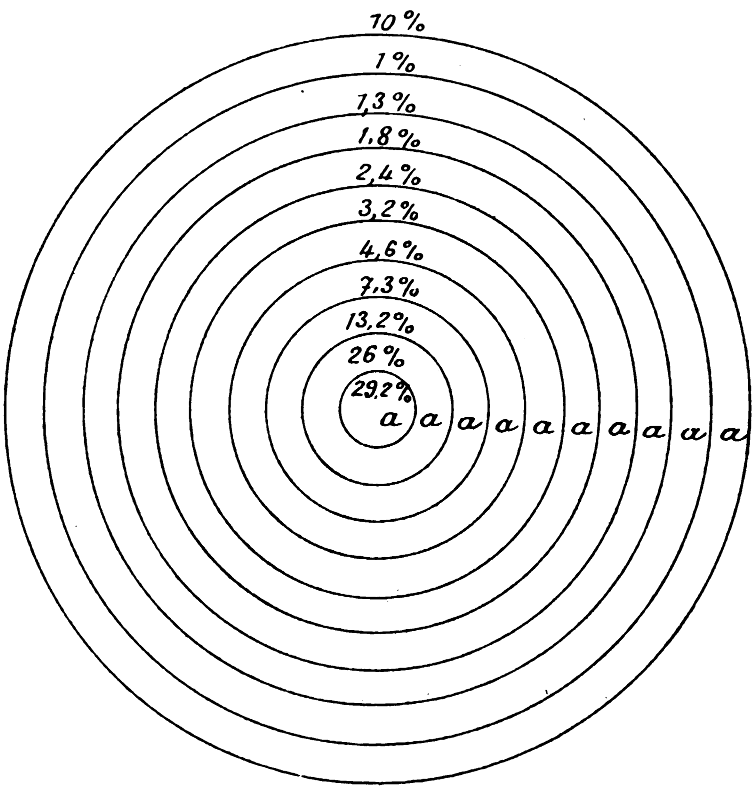


Fig. 39.

voisinage de A et de B qu'en O. Dans le cas de pôles ponctuels elle est même infinie autour des pôles. Pour ne pas trop compliquer les choses, on peut alors supposer que le noyau filiforme est terminé par deux sphères de rayon r ayant leurs centres en A et B.

L'induction le long de AB est :

$$\mathcal{B}_{b\,(y=0)}=\frac{Q}{(a+x)^2}+\frac{Q}{(a-x)^2}.$$

Pour chaque élément de longueur dx, il faut un nombre d'ampères-tours :

$$dx\left[\frac{1}{(a+x)^2}+\frac{1}{(a-x)^2}\right]\frac{10\,Q}{4\pi}$$

et de $x=-(a-r)$ à $x=a-r$ il faut :

$$A=\frac{10\,Q}{4\pi}\left[\frac{2x}{a^2-x^2}\right]_{-a+r}^{a-r}=\frac{10\,.\,Q}{\pi r}\,\frac{a-r}{2a-r}.$$

D'où Q, et

$$\mathcal{F}_b=\frac{4\pi^2}{10}A\,.\,r\frac{2a-r}{a-r}.$$

Au lieu de 3,95 Aa, on a donc pour le flux $\mathcal{F}_b$ émis par les extrémités du noyau,

Pour		
	$r=0{,}1\,a$	$\mathcal{F}_b=0{,}83\,Aa$
	$0{,}2\,a$	— $1{,}8\,Aa$
	$0{,}3\,a$	— $2{,}9\,Aa$
	$0{,}4\,a$	— $4{,}2\,Aa$.

Pratiquement le noyau ne se présente pas sous cette forme, mais on peut remarquer que l'induction à la surface d'émission étant pratiquement uniforme, on peut sans grande erreur remplacer la surface de la sphère par celle S_b d'un bout en dehors de la bobine (fig. 40).

On remplacera donc r par $\sqrt{\frac{S_b}{4\pi}}$ et a par $\left(\frac{A}{2}+r\right)$. De sorte que le flux $\mathcal{F}_b$ deviendra :

$$\mathcal{F}_b=1{,}12\,A\sqrt{S_b}\left(2+\frac{0{,}55\,\sqrt{S_b}}{A}\right)$$

ou, en première approximation :

$$\mathcal{F}_b=2{,}25\,A\,\sqrt{S_b}.$$

Mais ce n'est pas là le flux qu'il faut prendre pour le calcul de la force électromotrice par spire, car il sort encore du flux tout le long du noyau, par la surface de contour. L'expérience montre qu'à cette surface l'induction est sensiblement linéaire, c'est-à-dire que

$$\mathcal{B}=\frac{2x}{A}\mathcal{B}_b=\frac{2}{A}\frac{\mathcal{F}_b}{S_b}.$$

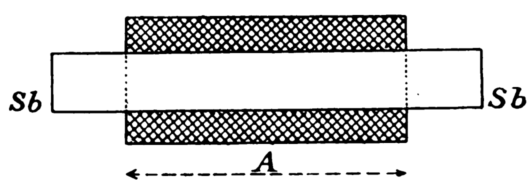


Fig. 40.

Le flux $\mathcal{F}_x$ dans le noyau est donc parabolique. Si S_c est la surface de contour du noyau sous la bobine (fig. 41) :

$$d\mathcal{F}_x=-\mathcal{B}\,ds=-\frac{2\mathcal{F}_b}{S_b A}\,x\,\frac{2S_c}{A}dx$$
$$=-4\frac{\mathcal{F}_b S_c}{A^2 S_b}x\,dx$$

d'où

$$\mathfrak{F}_x = -2\frac{\mathfrak{F}_b}{A^2}\frac{S_c}{S_b}x^2 + \text{Cte}.$$

Pour

$$x = \frac{A}{2}, \quad \mathfrak{F}_x = \mathfrak{F}_b,$$

d'où la constante et

$$\mathfrak{F}_x = \mathfrak{F}_b\left(1 + \frac{1}{2}\frac{S_c}{S_b}\right) - 2\frac{\mathfrak{F}_b}{A^2}\frac{S_c}{S_b}x^2.$$

Le flux maximum dans le noyau est $(x = 0)$:

$$\mathfrak{F}_b\left(1 + \frac{1}{2}\frac{S_c}{S_b}\right);$$

et le flux moyen :

$$\mathfrak{F} = \frac{2}{A}\int_0^{\frac{A}{2}}\left[\mathfrak{F}_b\left(1 + \frac{1}{2}\frac{S_c}{S_b}\right) - 2\frac{\mathfrak{F}_b}{A_1^2}\frac{S_c}{S_b}x^2\right]dx$$

$$= \mathfrak{F}_b\left(1 + \frac{1}{3}\frac{S_c}{S_b}\right).$$

C'est ce flux qui doit servir à calculer la tension par spire en cas de courant alternatif; l'importance du terme de correction $\frac{1}{3}\frac{S_c}{S_b}$ est très grande puisque S_c vaut généralement plusieurs fois S_b.

Il faut réduire pratiquement ce flux $\mathfrak{F}$ pour les raisons données ci-dessus et aussi parce que, le noyau étant

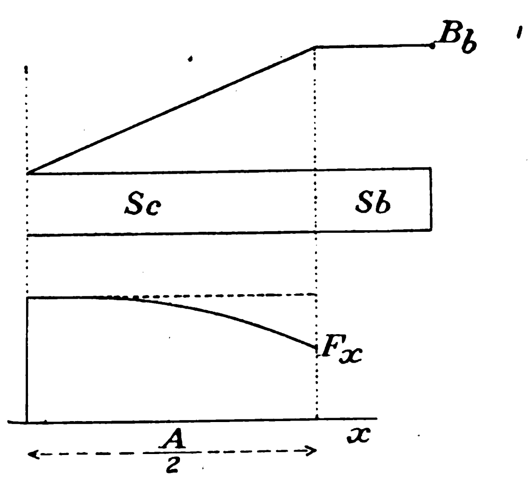


Fig. 41.

constitué généralement de tôles, les courants de Foucault qui se développent empêchent en partie le flux de sortir normalement au plan de ces tôles. Quand l'ensemble est serré par des plaques de bronze, cet effet est encore plus sensible et il faut réduire à la fois S_b et S_c.

Rappelons qu'on a négligé la réluctance du noyau lui-même devant celle de l'air. On comprendra que l'incertitude du calcul que nous venons de faire, dans lequel nous avons dû consentir bien des simplifications, autorise cette négligence.

On peut se proposer de rendre la réluctance du circuit magnétique plus certaine et plus grande en empêchant les lignes de force de s'épanouir au moyen d'écrans formés de plaques épaisses de cuivre (fig. 42) enveloppant le circuit magnétique qui serait alors presque fermé, mais cette manière de faire serait coûteuse tout en ne supprimant pas complètement les dérivations.

Il est préférable, lorsque, pour une raison quelconque, on veut avoir une réluctance plus grande que celle correspondant au noyau à circuit ouvert, de mettre la bobine à

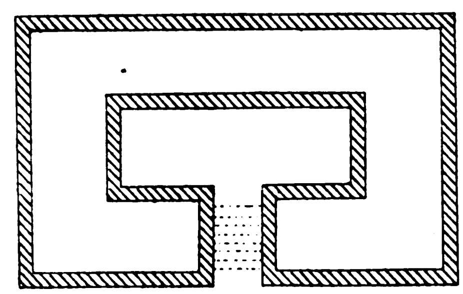


Fig. 42.

cheval sur l'entrefer de la figure 42, et, au besoin, de mettre plusieurs entrefers chevauchés chacun par une bobine. La réluctance est alors plus voisine de celle calculée.

Exemple de calcul. — Soit à réaliser une bobine de self-induction laissant passer un courant de 5 ampères sous une tension de 1000 volts, la fréquence étant de 50. En admettant la formule de première approximation du flux, $\mathfrak{F} = 3\,nIa$, nous aurons pour la valeur maxima de ce flux :

$$\mathfrak{F}_m = 3\,n\,5\,\sqrt{2}\,.\,30,$$

en prenant 60 cm de longueur de noyau.

D'autre part, pour avoir 1000 volts aux bornes, il faut

$$\frac{\mathfrak{F}_m}{10^6}\,n\,.\,2{,}2 = 1000.$$

D'où

$$n = \text{env. } 850 \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{F}_m = \text{env. } 540000.$$

Nous adopterons dans le noyau une induction *maxima*

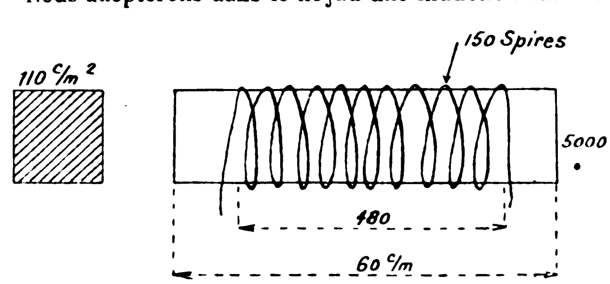


Fig. 43.

d'environ 5000 gauss que nous choisissons volontairement faible en prévision de l'obligation où nous pouvons être d'enlever les spires aux essais pour arriver exactement à la valeur demandée. La section nette de fer devra

donc être d'environ 110 cm² et la section géométrique $\frac{110}{0,85} = 130$ cm² (0,85 Coeff^t d'utilisation).

Nous constituerons notre noyau par des tôles de 600 mm de longueur et 135 mm de largeur, empilées sur une épaisseur de 65 mm formant le centre du noyau et auxquelles viendront s'ajouter de chaque côté, 20 mm

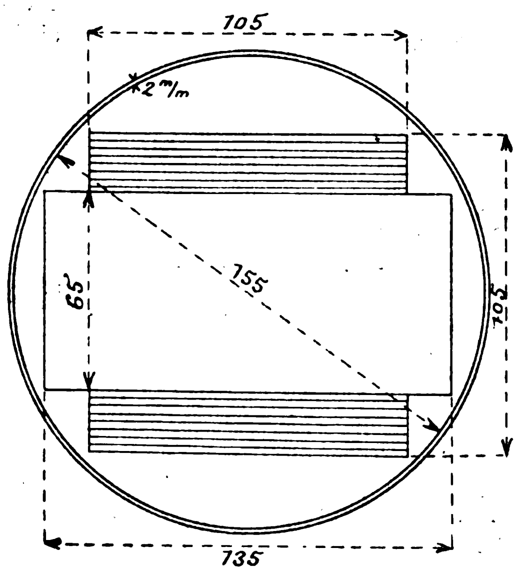


Fig. 44.

d'épaisseur de tôles de même longueur et de 105 mm de large. La section géométrique ainsi constituée sera de 130 cm² et la section nette de 110 cm².

L'induction maxima sera alors d'environ 4900 gauss, (fig. 44). Nous mettrons ce noyau à l'intérieur d'un tube de carton de 155 mm de diamètre intérieur et de 2 à 3 mm d'épaisseur.

Sur ce tube nous enroulerons 850 spires d'un fil de 2,7 mm de diamètre, guipé à 2 couches, ce qui portera son diamètre à 3,1. Pour laisser à découvert 5 à 6 cm à chaque extrémité du noyau, nous ne ferons notre enroulement que sur une longueur de 48 à 50 cm. Si nous réalisions une seule bobine, nous aurions 4 couches de fil et 500 volts de différence de potentiel entre deux fils voisins. Nous sectionnerons alors notre bobine en 4 parties de chacune 212 spires, chacune des parties étant formée de 6 couches de 39, 38, 37, 36, 35 et 27 spires.

Nous pouvons maintenant nous proposer de calculer le flux et la force électromotrice obtenus avec 5 ampères plus exactement. La longueur de noyau couverte par le fil est $A = 4 . 39 . 3{,}1 = 48$ cm; il y a donc 6 cm de saillie à chaque bout.

On trouve alors facilement :

$$S_b = 324 + 110 = 434. \qquad A_m = 850.5\sqrt{2} = 6000.$$

D'où le maximum de $\mathcal{F}_b$:

$$\mathcal{F}_{bm} = 1{,}12 . 6000 . 20{,}8\,(2 + 0{,}24) = 310000.$$

Puis

$$S_c = 1300.$$

D'où

$$\mathcal{F}_m = 310000\left(1 + \frac{1}{3}\frac{1300}{434}\right) = 620000.$$

Chiffre trop fort de 10 à 15 pour 100 et qui donnerait :

$$2{,}2 . 620000 . 10^{-6} . 850 = 1150 \text{ v environ.}$$

C'est là la moyenne du flux maximum par spire.

La plus petite valeur est au bout :

$$\mathcal{F}_m = 310000,$$

d'où $\mathcal{B}_m = 2800$;

et la plus grande au milieu :

$$\mathcal{F}_m = 310000\left(1 + \frac{1}{2}\frac{1300}{434}\right) = 775000,$$

d'où $\mathcal{B}_m = 7000$.

Si le flux trouvé ci-dessus avait été notablement plus différent de celui nécessaire pour le nombre de spires, nous aurions modifié nos proportions, ou le nombre de spires en conséquence. (*A suivre.*)

L'ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

(*Suite*[1].)

C. — PETITE FORCE MOTRICE. — Cette petite force motrice dessert en général le coupe-racines, le concasseur, le hache-paille, les tarares, les élévateurs de grains.

Nous dépasserions les limites de notre étude en donnant une description de ces appareils dont nous nous contenterons d'indiquer le but et les éléments essentiels.

Coupe-racines. — Le coupe-racines sert à découper les betteraves ou les pommes de terre pour la nourriture du bétail.

Il se compose en général et essentiellement de 2 cylindres portant des couteaux de sections convenables, qui, tournant en sens inverse, divisent les racines en tranches, en cossettes ou en languettes.

A l'heure actuelle, on ne trouve plus guère d'appareils débitant les racines en tranches parce que ces divisions ne permettent pas un mélange suffisamment intime avec la paille, le fourrage ou le maïs composant les autres parties de la ration des animaux.

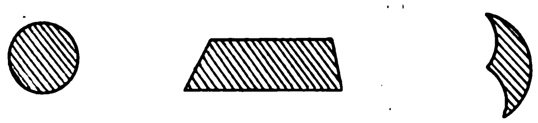
Le coupe-racines est en général alimenté par un moteur de 1,5 kilowatt avec induit court-circuit. Souvent il comporte un décrottoir. Ce décrottoir est un cylindre cannelé qui contient une hélice intérieure. Les légumes

(1) *L'Industrie électrique*, n° 502 du 25 novembre 1912, p. 509.

sont entraînés dans le cylindre par un double mouvement de rotation et de translation, et se dépouillent de leurs souillures avant de tomber dans le coupe-racines proprement dit. Dans le cas du décrottoir, le coupe-racines doit être actionné par un moteur de 2 à 3 kilowatts.

Pour éviter les à-coups sur les réseaux, au démarrage, ce moteur ne sera plus à induit court-circuit ; il sera, par exemple, à démarreur ou à résistance tournante si l'on veut éviter la dépense d'un rhéostat.

Le moteur à résistance tournante ne sera jamais qu'un pis aller pour une ferme ou une étable de nourrisseur, car, manœuvré avec brusquerie, soumis à toutes les poussières et à bien des souillures, il sera toujours plus fragile que le moteur à démarreur séparé.



Section d'une tranche. Section d'une costette. Section d'une languette.

Fig. 1.

Pour des fermes ayant un bétail important de têtes à cornes, le coupe-racines fonctionne toute la journée pendant l'hiver.

Pour des fermes où le bétail se compose uniquement des animaux domestiques, le coupe-racines fonctionne seulement deux heures par jour pendant l'hiver.

Le coupe-racines, comme d'ailleurs le hache-paille ou le tarare, demandera souvent un renvoi de mouvement pour la commande électrique, car ces appareils actionnés jadis à la main, par conséquent commandés par un organe qui ne faisait pas plus de 60 tours à la minute, ont encore conservé des vitesses très modérées.

DYNAMIQUE DU COUPE-RACINE
(*Vuaillet* et *Coupan*. Chambly, 1907.)

Consommation à vide, en watts	515
Consommation en charge, en watts	819
Temps nécessaire pour débiter 100 kg de betteraves, en minutes	3

Aplatisseur. Concasseur. — L'aplatisseur a pour but « de comprimer, laminer et parfois étirer un peu les graines, mais sans les briser, de façon à faire éclater les enveloppes et à permettre aux sucs digestifs d'agir sur l'amande qu'elles contiennent.

Le concasseur a pour but de fragmenter les graines.

Ces deux sortes d'appareil sont très utiles surtout pour la nourriture des vieux animaux. Ils ont l'avantage de rendre le grain plus digestible et de permettre ainsi une économie sur la nourriture des bêtes.

Ils se composent en général et essentiellement de 2 cylindres cannelés, animés d'un mouvement de rotation et entre lesquels passe le grain qui sort concassé ou aplati.

La force nécessaire pour ces appareils dépend de la nature des grains broyés : l'orge demande plus de force que l'avoine, et l'avoine que le maïs. Cette force dépend aussi du serrage des rouleaux. Si les rouleaux sont trop serrés, l'énergie consommée peut être le triple de l'énergie strictement nécessaire au fonctionnement normal.

En général, ces appareils sont commandés par des moteurs d'environ 2 kilowatts, à résistance tournante. On peut compter traiter environ 100 kg de grain à l'heure. Le concasseur est d'un rendement plus attrayant que l'aplatisseur : le grain concassé étant encore plus digestible que le grain aplati et le concassage demandant souvent moins d'énergie que l'aplatissage.

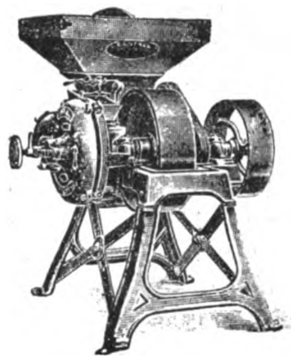


Fig. 2.

Les concasseurs ou aplatisseurs fonctionnent deux à trois heures par jour pendant les mois d'hiver, pour les besoins des animaux domestiques courants, d'une ferme de 100 à 200 hectares.

Hache-paille. — Comme leur nom l'indique, ces appareils sont destinés à hacher la paille ou le fourrage pour la nourriture des animaux.

Ils comportent en général 2 cylindres tournant en sens inverse qui tassent la paille, lui impriment un mouvement de translation et la présentent sous un couteau porté par un plateau rotatif dont l'axe de rotation est parallèle à l'axe de rotation des cylindres compresseurs.

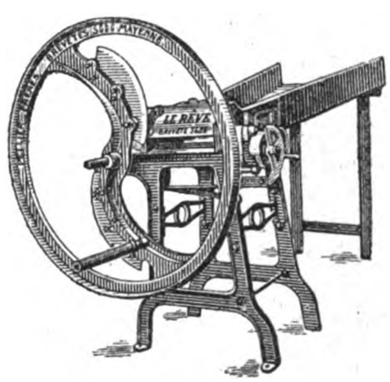


Fig. 3.

On conçoit qu'il soit possible, par une légère modification des organes, d'avoir plusieurs longueurs de coupe pour les matières travaillées.

L'alimentation de ces appareils est délicate à la main, aussi souvent se fait-elle automatiquement au moyen d'un chemin de roulement.

Les hache-paille sont commandés par des moteurs de 1,5 kilowatt avec induit court-circuit.

Ils fonctionnent deux heures par jour pendant l'hiver, dans les mêmes conditions que les aplatisseurs ou concasseurs.

DYNAMIQUES DE HACHE-PAILLE

(*Vaillet* et *Coupan*, 1907.)

Consommation à vide entraîneurs débrayés, en watts	550
Consommation à vide entraîneurs embrayés, en watts	640
Consommation en charge, coupe à 8 mm, en watts	935
Consommation en charge, coupe à 15 mm, en watts	1050
Consommation en charge, coupe à 25 mm, en watts	945
Temps nécessaire pour débiter 100 kg de paille à 8 mm, en minutes	49
Temps nécessaire pour débiter 100 kg de paille à 15 mm, en minutes	25
Temps nécessaire pour débiter 100 kg de paille à 25 mm, en minutes	18

Tarare. — Le tarare est un appareil destiné à nettoyer le blé lorsque ce nettoyage n'a pas été suffisant dans la machine à battre.

L'enlèvement des poussières et substances légères est assuré au moyen d'un simple courant d'air produit par

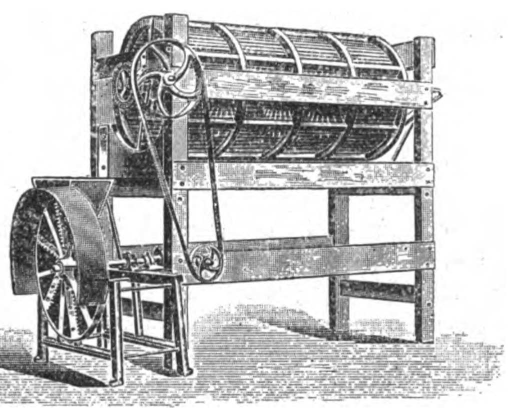


Fig. 4.

un ventilateur à palette qui traverse les grilles de divers secoueurs au travers desquels passe le grain.

DYNAMIQUE DES TARARES

(*Vaillet* et *Coupan*. Chambly, 1907.)

Consommation à vide, en watts	614
Consommation en charge sans ensacheur, en watts	705
Consommation en charge avec ensacheur, en watts	740

Avec un tarare on peut traiter à l'heure environ 600 kg de blé et 350 kg d'avoine.

Le tarare fonctionne environ trois heures par journée de battage. Il est actionné par un moteur de 0,8 kilowatt avec induit court-circuit.

Élévateurs. — Les élévateurs de grains employés dans les fermes sont de deux sortes : les chaînes à godets, les vis transporteuses. Les chaînes à godets sont à proprement parler des élévateurs, mais les vis transporteuses ne sont le plus souvent que des transformateurs horizontaux. Nous résumons ci-dessous les caractéristiques de ces appareils.

Les élévateurs de fermes sont en général de la force de 0,8 kilowatt et fonctionnent une heure par journée de battage.

DYNAMIQUE D'UNE CHAINE A GODETS SYSTÈME NEYRET-BRENIER

Longueur du godet, en mm	150	200	250
Contenance théorique, en litres	1,1	2	2,7
Tours du tambour à la minute	70	50	50
Force nécessaire en chevaux pour 10 m d'axe en axe des tambours	1	1,3	1,5
Débit en litres à l'heure	4000	7000	10 000

DYNAMIQUE D'UNE VIS TRANSPORTEUSE SYSTÈME NEYRET-BRENIER

Diamètre de l'hélice, en mm	160	200	250
Tours à la minute	75	70	65
Force nécessaire en chevaux pour une vis de 20 m de longueur	1	1,5	2
Débit pratique, en litres	2000	3000	5000

De l'examen que nous venons de faire, il résulte que les appareils de petite force motrice ne fonctionnent en général que pendant l'hiver et seulement quelques heures par jour à cette époque. Leur utilisation est donc doublement mauvaise, mais cette utilisation s'améliore par un fonctionnement successif des divers appareils, et c'est ce qu'il faut arriver à obtenir par des tarifs appropriés. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Nous avons déjà rapporté, à l'hectare de propriété, la consommation de courant due au battage; si nous adoptons la même base pour la petite force motrice, nous pouvons compter sur une heure de fonctionnement par hectare pour l'ensemble des appareils étudiés ci-dessus.

Nous sommes naturellement amené à dresser un tableau des appareils de la ferme avec la puissance installée pour les desservir, la puissance moyenne consommée, et la production des matières travaillées.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES APPAREILS DE LA FERME

	PUISSANCE DU MOTEUR EN KW.	PUISSANCE MOYENNE EN KW.	VITESSE ANGULAIRE EN TOURS : MIN.	PRODUCTION MOYENNE.
Batterie à grand débit, double nettoyage, ventilateur aspirant menue paille, engreneur automatique, machine à botteler	7	5	1000	1200 bottes par journée de 10 heures.
Batterie à grand débit, double nettoyage, ventilateur aspirant menue paille, élévateur de grains	5	3	800	1000 bottes.
Batterie à double nettoyage. Trépigneuse	2,2	1	600	700 bottes.
Batterie fixe à simple nettoyage	2,2	1	500	600 bottes.
Coupe-racines	1,5	0,8	»	100 kg en 3 minutes.
Concasseur	2,2	1,8	»	100 kg à l'heure.
Hache-paille	1,5	1	»	100 kg de paille à 8 mm en 49 minutes.
Tarare	0,8	0,7	»	600 kg de blé à l'heure.
Chaîne à godets	0,8	»	»	4000 litres à l'heure.
Vis transporteuse	0,8	»	»	2000 litres à l'heure.

Nous n'avons pas énuméré tous les appareils à commande électrique qui peuvent être installés dans une ferme, mais seulement ceux qu'on rencontre le plus communément. Nous étudierons plus tard les appareils d'emploi particulier.

Les tarifs. — Ayant donné la liste des appareils de la ferme et leur utilisation, il convient d'étudier les tarifs qui leur sont applicables.

Les tarifs sont toujours d'une importance capitale en matière de distribution d'électricité. C'est d'eux que dépend en définitive le rendement financier de l'entreprise, mais eux-mêmes sont dans la dépendance de l'usine de production.

« Faites-moi de bonne politique et je vous ferai de bonnes finances ». On pourrait retourner l'adage et dire : Produisez économiquement le kilowatt-heure et vous pourrez avoir de bons tarifs.

Or, pour produire économiquement le kilowatt-heure, il faut avoir une bonne utilisation de la force motrice installée. Nous voyons donc que la question de l'utilisation de la force motrice sera primordiale dans l'établissement des tarifs. Toutes choses égales d'ailleurs, les tarifs seront d'autant plus bas, que l'utilisation de la force motrice sera meilleure.

Il en résulte naturellement la diversité des tarifs et la condamnation du tarif commun qui constitue une simplification de comptabilité, mais qui ne correspond à aucune notion industrielle.

Si les entrepreneurs de distribution électrique sont maîtres de baisser les tarifs autant qu'il leur plait, ont-ils la liberté de hausser les tarifs à leur gré, si l'utilisation de la force motrice est médiocre ou mauvaise? Non. Pour l'agriculture comme pour l'industrie courante, les tarifs sont soumis à l'éternelle loi de l'offre et de la demande. La meilleure règle consiste à se baser sur les prix de revient de la force motrice, dans les mêmes cas, avec les moteurs couramment employés (vapeur, pétrole, gaz pauvre) et à donner des tarifs qui permettent une comparaison avantageuse. Il en résulte que chaque industrie et souvent même chaque installation constituera un cas particulier.

Mais il est une méthode que les entrepreneurs doivent employer pour améliorer le rendement de leur usine productrice. Ils doivent chercher à supprimer les maximums aigus de la courbe représentative du courant consommé et tendre vers l'égalisation des ordonnées. Pour cela plusieurs moyens sont à leur disposition :

Adoption de ce que nous appellerons la tarification rationnelle;

Emploi du double tarif;

Développement de la clientèle de nuit.

La tarification rationnelle consiste à imposer au client la souscription d'une puissance d'un certain nombre de kilowatts et comporte :

Un prix pour le kilowatt souscrit auquel s'ajoute :

Un prix pour le kilowatt-heure consommé;

Un prix pour le kilowatt-heure au dépassement, c'est-à-dire dépassant la puissance souscrite.

Le prix du kilowatt souscrit correspond aux charges générales de l'usine afférente à la production de la puissance souscrite.

Le prix du kilowatt-heure correspond en quelque sorte aux frais d'exploitation résultant des kilowatts-heure consommés par rapport aux kilowatts-heure vendus par l'usine.

Le prix du kilowatt-heure au dépassement est en général le double du prix du kilowatt-heure normal.

Sans insister davantage, il résulte de cette tarification que le consommateur a intérêt à ne jamais dépasser la puissance souscrite tout en cherchant la meilleure utilisation de cette puissance. C'est la tendance à la suppression des pointes et à l'égalisation des ordonnées dont nous avons parlé plus haut.

Le double tarif consiste en un tarif normal aux heures ordinaires et en un tarif, en général double du premier, aux heures de pointe. Dans bien des industries, et en particulier dans l'agriculture avec un peu de bonne volonté, et cette bonne volonté existe toujours s'il s'agit de son propre intérêt, on peut ne pas se servir des moteurs aux heures de pointe ou, en tous cas, ne s'en servir qu'exceptionnellement. Il en résulte du kilowatt-heure disponible pour les besoins de lumière qui deviennent très importants à ces heures.

L'idéal serait évidemment de compenser, par la diminution de consommation de la force motrice, l'appel de courant nécessaire pour l'éclairage.

Ceci n'est jamais complètement réalisé, mais c'est le but vers lequel il faut tendre.

Quant à la force motrice de nuit (élévations d'eau en général, moulins, etc.), si on ne la met en service qu'à partir de 10 heures du soir, on améliorera encore le rendement de son usine et on pourra consentir des tarifs très bas.

On voit donc que, quoique les tarifs soient souvent imposés par les circonstances, on peut, par une application intelligente de ceux-ci, arriver à diminuer beaucoup le prix de revient de son kilowatt-heure, par une bonne utilisation de la puissance consommée. Cette remarque a son importance en agriculture.

Ceci posé, nos tarifs agricoles seront les suivants :

Éclairage. — Pour l'éclairage, nous admettrons le tarif uniforme de 0,07 fr l'hectowatt-heure.

Force motrice. — Dans les fermes de moins de 100 hectares, nous admettrons le tarif de 0,50 fr le kilowatt-heure. A ce tarif, les trépigneuses et petites batteries fixes à simple nettoyage consommeront 5 fr de courant par journée de battage de 10 heures.

Dans les grosses fermes nous adopterons le double tarif : 0,25 fr à 0,50 fr le kilowatt-heure aux heures ordinaires, 0,50 fr à 0,60 fr le kilowatt-heure aux heures de pointe. Au tarif normal de 0,25 fr le kilowatt-heure, les grosses fermes consommeront de 7,50 fr à 12,50 fr de courant par journée de battage de 10 heures.

Nous pourrons également adopter pour les grosses fermes le tarif rationnel avec 200 fr le kilowatt souscrit, 0,10 fr le kilowatt-heure et 0,20 fr le kilowatt-heure au dépassement.

Dans les villages, pour les charrons nous adopterons le prix de 0,40 fr le kilowatt-heure; pour les menuisiers, les serruriers, les boulangers, 0,50 fr le kilowatt-heure.

Il est nécessaire d'ouvrir ici une parenthèse et de se poser la question suivante : Dans les distributions agricoles, les secteurs doivent-ils vendre le courant en haute tension ou en basse tension?

Pour les petites fermes qui dépendent en général d'un réseau secondaire, le doute n'est pas possible. Pour les grosses fermes, poser la question, c'est aussi la résoudre, comme il va ressortir de l'examen des faits que nous allons exposer.

Nous verrons plus loin que dans nos régions la ferme moyenne électrifiée est d'environ 80 hectares. Par conséquent, nous aurons 1,25 ferme par km². Ceci nécessitera un transformateur d'environ 3 kv-a par km².

Ce transformateur occasionnera des pertes de deux sortes :

Pertes dans le cuivre;

Pertes dans le fer.

Les pertes dans le cuivre n'existeront que quand le transformateur débitera. Les pertes dans le fer existeront dès que le transformateur sera en charge.

A pleine charge les deux genres de perte seront égales, mais l'utilisation de la force motrice étant faible, les pertes dans le cuivre seront toujours inférieures aux pertes dans le fer, on pourra même négliger les premières devant les secondes.

Or, pour un transformateur de 3 kv-a, 25 périodes, 13000 v, les pertes par hystérésis ne seront pas en général inférieures à 100 w, c'est-à-dire par mois à 72 kw-h, ou par an à environ 800 kw-h.

Au prix moyen de 0,10 fr le kw-h, cela constituera une perte d'environ 80 fr par an.

Si nous comptons 40 habitants au km², nous aurons donc une perte d'environ 2 fr par habitant. Or, nous pouvons obtenir une recette de 20 à 25 fr par habitant, par conséquent, il nous restera une perte de 10 à 12 pour 100.

Il est évidemment impossible pour un secteur de supporter une pareille perte, aussi la vente en haute tension s'impose.

Il paraît d'ailleurs de toute logique que la consommation d'un appareil, comme le transformateur, soit imputable à l'abonné qui en est le propriétaire.

Souvent en guise de simplification et pour éviter des transformateurs de mesure, le courant vendu en haute tension est mesuré en basse tension. Les pertes par hystérésis sont alors considérées comme frais fixes et séparées des dépenses de courant. Cette méthode avantageuse pour l'abonné à qui elle épargne des dépenses d'installation, paraît également avoir des avantages pour l'entrepreneur, car les pertes par hystérésis passent en quelque sorte aux frais généraux du client et la dépense de courant semble en être diminuée d'autant.

Enfin, si dans certains cas particuliers, l'utilisation des transformateurs est suffisante, les frais de perte par hystérésis peuvent être ristournés l'année suivante sous forme de courant à livrer gratuitement.

Ayant déterminé la puissance nécessaire aux appareils de la ferme et les tarifs qui leur sont applicables, nous pouvons passer à l'étude des recettes données par une région agricole.

Recettes. — Consommation d'une ferme de 200 hectares. — *Battage.* — Prenons le cas du moteur de 7 chevaux (v. n° 502, du 25 nov. 1912). Nous supposerons 150 jours de battage dans l'année et le courant vendu 0,25 le kw-h. Nous reportant au tableau (p. 513), nous trouvons une dépense de 7,50 par journée de battage, soit par an :

$$7{,}50 \times 150 = 1125 \text{ fr.}$$

Appareils auxiliaires — Nous avons dit qu'il fallait compter une heure de fonctionnement par hectare pour l'ensemble des appareils, soit pour l'année 200 heures dans le cas considéré.

Nous prendrons une consommation moyenne de 2 kw-h à l'heure soit pour l'année :

$$2 \times 200 = 400 \text{ kw-h.}$$

ce qui donne une dépense de :

$$0{,}25 \times 400 = 100 \text{ francs.}$$

Éclairage. — Nous admettrons une dépense moyenne de 400 francs.

Par conséquent, au total, la recette procurée par une ferme de 200 hectares, sera de :

$$1125 + 100 + 400 = 1625 \text{ fr.}$$

ce qui donne une recette d'environ 8 francs par hectare.

Consommation d'une ferme de 80 hectares. — *Battage.* — Nous supposerons un moteur de 3 chevaux actionnant la batterie (v. n° 502); nous savons que ce moteur prendra 1 kw en moyenne, ce qui, au tarif de 0,50 fr le kw-h, nous donnera une dépense de 5 fr par journée de battage de 10 heures.

Nous supposerons 80 jours de battage par an. Nous aurons donc une recette de :

$$5 \times 80 = 400 \text{ francs.}$$

Éclairage. — La consommation est d'environ 150 fr par an.

Par conséquent, la recette d'une ferme de 80 hectares sera de 550 francs, *ce qui donne une recette de 7 fr par hectare.*

En rapprochant cette recette de 7 fr par hectare de celle de 8 fr trouvée précédemment, il n'en faut pas conclure que la grosse culture est plus avantageuse pour un secteur que la petite culture.

En effet, si l'on suppose que le courant revienne au secteur à 0,08 fr le kw-h en haute tension et 0,10 fr le kw-h en basse tension rendu sur les lieux d'utilisation, et si

l'on suppose une dépense d'exploitation de 0,05 fr par kilowatt-heure, le bénéfice par kilowatt-heure sera d'environ 0,12 fr pour la force motrice dans le cas de la grosse ferme, et de 0,35 fr dans le cas de la petite ferme. On voit donc tout l'avantage qui résulte pour un secteur de la petite culture.

Commune agricole. — La grosse ferme est en général isolée. La petite ferme, au contraire, fait partie d'une agglomération qui s'est formée par la cristallisation de plusieurs petites fermes. Nous envisageons donc comme suite naturelle de notre étude l'évaluation de la recette donnée par une commune agricole.

Supposons une commune agricole de 700 habitants et de 1200 hectares.

Il y aura environ une vingtaine d'agriculteurs, représentant 800 hectares, qui adopteront l'électricité. Nous aurons ainsi une recette de :

$$800 \times 7 = 5600 \text{ fr.}$$

Ces 20 agriculteurs auront des foyers d'environ 6 personnes soit au total 120 personnes.

Il y a encore une dizaine d'agriculteurs avec des foyers de 5 personnes, soit au total de 50 personnes, qui, eux, étant donné le peu d'importance de leur culture, ne prendront pas l'électricité.

Il reste donc, sur la population du village, environ 500 personnes qui représentent 125 foyers.

Sur ce nombre, nous aurons environ 60 foyers électrifiés qui nous donneront une recette de 1000 fr.

Le boulanger nous donnera une recette de 150 fr.

Les deux charrons du village nous donneront une recette globale de 600 fr.

En somme, la commune nous donnera une recette de :

$$5600 + 1000 + 150 + 600 = 7350 \text{ fr.}$$

Soit environ 10 fr de recette par habitant.

Par conséquent, et pour nous résumer, nous pourrons compter, dans nos prévisions, sur une recette de :

8 fr par hectare pour une grosse ferme ;

10 fr par habitant pour une commune agricole.

Si nous rapportons toute la consommation d'une région agricole au nombre de ses habitants. Nous pourrons compter sur une recette de :

20 à 25 *fr par habitant.*

Nous allons maintenant étudier le problème de l'installation électrique. Nous verrons les frais qui en résultent pour le client, et l'intérêt qu'un secteur doit prêter aux installations agricoles.

Électrification d'une ferme. — Avant d'établir un devis pour l'électrification d'une ferme, il est bon de poser quelques principes préliminaires.

Le matériel. — Le matériel employé devra être particulièrement étudié, simple et robuste. La pose devra en être faite avec beaucoup de soins.

Le fil isolé devra être d'un isolement kilométrique de 300 mégohms et le fil souple de 600 mégohms [1].

Dans les appartements, les canalisations seront sous moulures : le fil ou câble au large dans les rainures. D'ailleurs, cette installation ne présente aucune particularité et on doit se conformer pour elle aux règles édictées par les divers secteurs pour les installations intérieures.

Dans les locaux de la ferme, les canalisations seront sous bois ou sur taquets, ou sur poulies porcelaine. Dans les endroits humides elles ne seront jamais sous moulures.

Dans les cours les canalisations seront le plus souvent en fils nus, les fils n'étant, autant que possible, ni dans le même plan horizontal, ni dans le même plan vertical. Les lampes de cour seront étanches. Les descentes aux interrupteurs se feront en fils isolés sur taquets ou sous tube garnis de laiton suivant qu'on ne craindra pas, ou au contraire, qu'on craindra le ragage des voitures de paille ou de foin. Les interrupteurs porcelaine seront eux-mêmes protégés. Une bonne pratique consiste à leur faire un logement dans l'épaisseur des murs.

Les traversées de cloisons ou de plafonds se feront toujours sous tubes recouverts de laiton. Il y a lieu de proscrire énergiquement, en courant alternatif, les tubes d'acier pour éviter les pertes et les échauffements par hystérésis. D'une façon générale, dans tous les endroits où le fil isolé pourrait avoir à souffrir mécaniquement, il sera protégé soit par un tube de laiton, soit au moins par un tube de caoutchouc.

Les entrées ou sorties de fils se feront toujours au moyen de pipes porcelaine scellées dans le mur avec cloches d'arrêt au-dessus et large goutte d'eau. L'importance de la goutte d'eau est capitale, et bien des courts-circuits se sont produits parce que, par capillarité, et par suite d'une goutte d'eau insuffisante, l'eau avait pénétré jusqu'au coupe-circuit d'entrée.

Le tableau compteur sera l'objet de soins particuliers. Il sera largement débordé du mur, pour assurer l'aisance des fils et leur ventilation. Il ne faut pas de « chevelure » derrière le tableau. Les fils d'arrivée et de départ ne se croiseront pas, les fils de connexions intérieures du tableau seront fixés derrière lui au moyen de cavaliers solides et inoxydables.

D'une façon générale, le matériel devra être largement calculé, pour l'usage prévu.

La main-d'œuvre. — Le rendement de la main-d'œuvre dans l'installation agricole ne sera pas bon, parce que le personnel disséminé, travaillant loin de ses chefs, ne sera pas surveillé efficacement.

Du fait que l'ouvrier sera livré à lui-même, son travail subira une diminution de rendement que nous pouvons évaluer à 20 pour 100.

[1] Le fil souple constitue souvent un point faible. Aussi il doit toujours être apparent et on doit éviter à tout prix de le dissimuler derrière une tenture quelconque.

D'autre part, les ouvriers loin de leurs foyers, obligés de loger près de leurs chantiers, bénéficieront souvent d'une indemnité de déplacement de 2 fr par jour. Dans ces conditions, la journée d'un ouvrier à 0,80 fr de l'heure reviendra à :

$$8 + 2 + 1,60 = 11,60 \text{ fr}$$

c'est-à-dire à 1,16 fr de l'heure.

D'ores et déjà nous pouvons conclure que les installations agricoles seront chères ou que, si pour des raisons particulières les prix sont modérés, ce sera forcément au détriment du bénéfice de l'installateur.

Évaluation du prix unitaire. — Nous n'envisagerons, à titre d'exemple, que le cas d'une lampe ordinaire et d'un moteur de 3 chevaux. La généralisation que nous en tirerons ne reposera pas sur le seul examen de ces cas particuliers, mais sur une expérience personnelle de plusieurs années.

Lampe. — Dans une ferme, un ouvrier installera en moyenne une lampe par jour.

Cette lampe nécessitera une dépense de matériel d'environ 4,50 fr (lampe, rosace-plafond, fil, interrupteur, etc.). La lampe reviendra donc à :

$$11,60 + 4,50 = 16,10 \text{ fr.}$$

Nous devons amortir sur cette lampe une partie des frais généraux soit environ 10 pour 100. La lampe reviendra donc à :

$$16,10 + 1,61 = 17,71 \text{ fr}$$

En tenant compte du matériel perdu (chutes de fil, etc.) la lampe reviendra à environ : 18 francs.

Moteur. — Notre moteur de 3 chevaux avec son rhéostat de démarrage nous coûtera environ : 400 fr.

Nous aurons environ 60 francs d'accessoires (fil, moulures, interrupteur, coupe-circuit, etc.), nous aurons 50 fr de montage, le prix de revient du moteur installé sera donc :

$$400 + 60 + 50 = 510 \text{ fr.}$$

Soit avec les frais généraux environ 550 fr.

Devis d'installation. — L'expérience a prouvé qu'il ne fallait guère dépasser les prix de :

La lampe installée	20 fr.
Le cheval-vapeur installé	200

Dans ces conditions, on peut établir comme suit, le devis d'installation d'une ferme.

Ferme de 200 hectares :

1 moteur de 9 chevaux pour le battage	1800 fr.
1 moteur de 4,5 chevaux pour l'ensemble d'un coupe-racines avec décrottoir, hache-paille, concasseur . .	900
A reporter.	2700 fr.
Report.	2700 fr.
1 moteur de 3 chevaux pour l'ensemble d'un tarare, d'une chaîne à godets, d'une vis d'Archimède	600
80 lampes à incandescence dont : 4 lampes étanches dans les cours : 30 lampes dans les bâtiments de la ferme : écuries, granges, greniers, magasins à pommes de terre ; 46 lampes dans la maison d'habitation, soit	1600
2 prises de courant 60 ampères, 220 volts	120
Total	5020 fr.

Ferme de moins de 100 hectares :

1 moteur de 3 chevaux pour le battage	600 fr.
2 prises de courant 60 ampères, 220 volts	120
20 lampes à incandescence	400
Total	1120 fr.

Nous déduisons qu'une installation de ferme rapportera de 100 à 600 fr. C'est peu, étant donné la dispersion des installations et le nombre de déplacements nécessaires, pour « battre la clientèle » ; aussi la clientèle agricole ne tentera guère les installateurs.

N'y a-t-il pas dans cette situation un danger pour le secteur au point de vue du développement de la clientèle, et pour la clientèle au point de vue du choix de l'installateur.

Il ne faut pas oublier que les installateurs sont souvent les meilleurs agents commerciaux des secteurs. D'autre part, à qui donc les agriculteurs vont-ils s'adresser pour leurs installations intérieures? A un installateur local? Ils n'oseront pas. Celui-ci risque de n'avoir pas la pratique suffisante pour leur donner satisfaction, ni l'autorité suffisante pour « accoucher leurs esprits » et leur indiquer ce qu'il leur faut et par conséquent ce qu'ils veulent. Les agriculteurs ignorent en général la science de l'électricité, mais ils veulent un installateur qui traduise en électricité leurs desiderata mécaniques.

Ils demandent que cet installateur les décharge de toute responsabilité de l'entreprise, les garantisse contre toute défectuosité du matériel ou de l'installation, puisse leur envoyer un compagnon s'ils sont embarrassés dans l'usage de leurs appareils électriques.

Dans ces conditions, l'installateur idéal, l'installateur « nécessaire », n'est-ce pas le secteur? Le secteur pourra consentir quelques sacrifices sur l'installation proprement dite en pensant à la recette de courant qui en est la conséquence. Le secteur pourra, à proprement parler, battre la campagne et, ce faisant, diminuer ses frais généraux de moitié puisqu'ils seront supportés à la fois par le secteur et l'installateur qui ne font qu'un en lui. Le secteur aura tout avantage à soigner les installations intérieures, parce qu'il a intérêt à assurer la sécurité de son exploitation, et qu'il doit vivre en contact avec ses clients pendant toute la durée d'une concession. La clientèle aura également intérêt à s'adresser à lui, parce qu'il n'est pas l'installateur qui passe, emportant son bénéfice, mais celui qui demeure et qu'on peut toujours retrouver.

Ainsi, nous arrivons à la conclusion suivante : en vue des installations agricoles qui doivent être très soignées et traitées à bas prix, les secteurs ont intérêt à avoir un service d'installations.

Ce service peut encore leur être très précieux pour les petites installations de village qui comportent 2 ou 3 lampes. Il ne faut pas oublier que ce qui est surtout intéressant dans la clientèle d'éclairage, c'est la multitude des petites installations. En effet, dans les moindres installations, nous avons toujours au moins 1 lampe allumée. Or, dans les installations particulières de 20 à 30 lampes, nous avons rarement plus de 3 lampes allumées en même temps. Par conséquent, le rendement en lampes allumées, qui était de 50 pour 100 avec la petite installation, tombe à environ 10 pour 100 pour l'installation moyenne.

D'autre part, l'utilisation des lampes dans les deux cas est à peu près la même. Ce que l'on perd en éclairage le soir dans les petits ménages de la campagne où l'on se couche tôt, on le rattrape le lendemain matin, car on se lève de bonne heure.

Donc on peut compter que trois installations de 2 à 3 lampes valent, au point de vue du rendement, toutes choses égales d'ailleurs, une installation bourgeoise d'une vingtaine de lampes.

Or, comment développer la petite clientèle? Par l'installation des lampes au prix de revient, et même, s'il le faut, par l'installation *gratuite*, et on voit que nul autre que le secteur, intéressé à la recette de courant, ne peut consentir à travailler dans ces conditions.

Les installations, dans ce cas, se feront sous fil souple, avec larges poulies pour déborder des murs. Les épissures se feront par le moyen de boîtes à raccords en porcelaine avec bornes en cuivre et on constituera ainsi des installations aussi bien isolées que sous moulures et qui ne reviendront pas à plus de 10 ou 12 fr la lampe.

Le système de tarification au compteur présentera des inconvénients dans le cas des petites installations. En effet, le concessionnaire de la distribution, louant lui-même des compteurs, ne pourra les sous-louer moins de 1 fr par mois, et la dépense de courant sera souvent inférieures à 2 fr. Par conséquent, le client supportera 50 pour 100 de frais accessoires. C'est une proportion que parfois il pourra trouver excessive.

Il existe un moyen de tourner la difficulté, c'est d'adopter le système de l'abonnement avec limiteur d'intensité et économiseur.

L'abonnement sera, par exemple, de 1000 heures à 20 w, soit 20000 w-h.

Afin de pouvoir employer des sources de faible intensité lumineuse, on adoptera un autotransformateur qui ramènera la tension de distribution à 20 ou 30 v. Ceci nous permettra d'avoir dans nos filaments des intensités plus fortes, par conséquent d'avoir des filaments plus gros, donc de pouvoir diminuer l'intensité lumineuse des sources et d'avoir en définitive des lampes plus solides et d'un fonctionnement plus économique[1].

Pour 20 w, nous pourrons, par exemple, avoir allumées en même temps 2 lampes de 10 bougies, ou mieux une lampe de 15 bougies et une lampe de 5 bougies. Nous proposerons donc en général l'installation de : 1 lampe de 15 bougies, et de 1 ou plusieurs lampes de 5 bougies.

La lampe de 15 bougies sera la lampe de service, les lampes de 5 bougies seront des lampes accessoires, lampes de chambre, par exemple. Il semble bien que dans les petits ménages, il soit suffisant de prévoir l'allumage simultané de 2 lampes.

Le matériel de contrôle comprendra : 1 compteur horaire, 1 limiteur d'intensité qui limitera le courant à 1 ampère, c'est-à-dire à 20 watts, pour une distribution à 20 volts.

Nous allons évaluer le prix de l'abonnement en supposant le courant vendu 0,80 par kilowatt-heure.

$$20\,\text{w} \times 1000\,\text{h} = 20\,\text{kw-h par an.}$$
$$0,80 \times 20 = 16\ \text{fr par an.}$$
$$16 : 12 = 1,30\ \text{fr par mois.}$$

Les frais d'immobilisation de capital s'évalueront comme suit :

Compteur horaire	20 fr.
Limiteur	13
Économiseur	18
Total	51 fr.

soit, en comptant 20 pour 100 d'intérêts ou amortissement : 10,20 fr par an et 0,85 par mois.

Nous constatons que pour une dépense de 1,30 fr de courant, nous avons une dépense de 0,85 d'amortissement de matériel. La solution du limiteur est donc une solution médiocre pour le client. Elle ne résout pas l'objection que nous nous étions posée plus haut. Elle ne fait que tourner la difficulté, comme nous disions, en ne séparant plus désormais les dépenses de courant des dépenses de location de matériel.

Le prix de l'abonnemement sera donc par mois :

$$1,30\ \text{fr} + 0,85\ \text{fr} = 2,14\ \text{fr.}$$

Si nous faisons l'installation gratuite de 4 lampes, le prix de revient de l'installation sera de :

$$4 \times 12 = 48\ \text{fr.}$$

Si nous amortissons cette dépense en 10 ans. Nous aurons une dépense par mois de 0,40 fr, et le prix de l'abonnement sera de :

$$2,15\ \text{fr} + 0,40\ \text{fr} = 2,55\ \text{fr}$$

soit en chiffres ronds, 30 fr par an.

Ces chiffres sont superficiellement assez séduisants pour que l'emploi du limiteur paraisse devoir se généraliser malgré sa délicatesse.

Nous ne faisons qu'indiquer le système de l'abonnement avec limiteur d'intensité, mais sans limitation de durée. Nous ne condamnons pas ce système, mais nous recommandons d'être très prudent dans son application. *A priori*, il ne paraît avantageux, ni pour le secteur mal défendu contre les négligences de la clientèle (lampes

[1] La perte à vide dans l'économiseur et le limiteur sera par exemple de 3 w pour une installation de 4 à 5 lampes, soit environ 24 kw-h par an ou 2,40 fr par an, au prix de 0,10 fr le kw-h.

brûlant à tort et à travers), ni pour le client, qui, en prévision du gaspillage de lumière, paie une redevance plus élevée que celle qui correspondrait à sa consommation dans le cas où il surveillerait sa dépense.

Une bonne échelle des tarifs conciliant à la fois les intérêts du producteur et du consommateur semble être la suivante [1] pour des installations d'au moins 3 lampes.

PUISSANCE LUMINEUSE EN BOUGIES.	TARIF D'ABONNEMENT PAR LAMPE ET PAR MOIS		
	MAISONS PARTICULIÈRES.	MAGASINS.	MARCHANDS DE VINS
16	0,62	0,75	0,92
25	0,92	1,10	1,45
32	1,25	1,50	1,90
50	1,90	2,25	2,80

Ce système d'abonnement convient surtout aux régions de houille blanche ou aux régions qui utilisent l'électricité comme un sous-produit (région de mines avec gaz de hauts fourneaux). Il nous paraît dangereux pour un secteur produisant directement l'électricité avec des machines à vapeur ou toute autre machine thermique.

GÉBELIN. (*A suivre*).

[1] *Revue électrique* du 28 juillet 1911.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 25 novembre 1912.

Sur la réception d'antennes au ras du sol, par M. F. ROTHÉ. — Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. 154, nº 4, 22 janvier 1912), j'ai eu l'honneur de signaler à l'Académie la possibilité de recevoir les radiotélégrammes de F. L. et de plusieurs stations allemandes, avec des antennes très réduites. C'est ainsi que les radiotélégrammes F. L. pouvaient être perçus très nettement et compris avec un fil de 15 m à 2,50 m du sol.

Un fil complètement horizontal d'une cinquantaine de mètres de long, placé d'une manière quelconque à hauteur d'homme dans la cour de l'Institut de Physique de Nancy, permet également la réception; pourtant celle-ci n'est intense qu'en employant le montage simple décrit dans la Note citée ci-dessus.

Au cours des vacances dernières, j'ai fait des expériences nouvelles, près de Saint-Dié, et je crois intéressant d'en signaler les résultats, puisqu'ils semblent un peu différents de ceux qu'a obtenus M. Jegou, près de Saint-Brieuc, à une distance de Paris à peu près égale à celle de Saint-Dié, mais dans la direction opposée. L'antenne dont je me suis servi était un fil de cuivre unique placé sur des potelets de 15 cm de haut, très mal isolé, touchant parfois l'herbe.

La longueur a varié d'un minimum de 15 m jusqu'à un maximum de 35 m. Cette antenne communiquait avec une conduite d'eau (conduite d'arrosage du jardin), par l'intermédiaire d'une bobine de self de 0,0045 henry. Elle n'était pas orientée dans la direction Paris. Le circuit du détecteur, comprenant en série le détecteur, le téléphone et les piles, était en dérivation entre le sol et le point d'attache de l'antenne et de la self. Dans ces conditions, on entend parfaitement la Tour Eiffel. On peut utiliser le téléphone à grande résistance 4000 ohms. Le téléphone à petite résistance (150 ohms), branché sur le transformateur de M. Jegou, donne aussi d'excellents résultats.

Le jardin où ces expériences ont été faites est entouré entièrement d'un treillage métallique de plus de 1 m de hauteur. J'ajouterai que des expériences de même nature ont été faites aussi par un de mes correspondants, M. Tavenaux, de Sedan; des expériences sur les propriétés spéciales de ces antennes, et en particulier sur leur longueur d'onde, sont actuellement en cours; il semble utile d'étudier en détail le mécanisme de la réception par ces sortes d'antennes au ras du sol.

Sur l'ionisation de l'air par l'arc au mercure sous quartz, par MM. LÉON et EUGÈNE BLOCH (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 2 décembre 1912.

Des applications de diathermie comme ration énergétique d'appoint, par M. J. BERGONIÉ. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 9 décembre 1912.

Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la commutation dans les machines dynamo-électriques à courant continu, par M. R. SWYNGEDAUW. — Soit un induit de dynamo à courant continu, tournant en génératrice. On sait qu'on appelle ampères-tours longitudinaux, le nombre des ampères-tours contenus dans le double de l'angle de calage.

L'action de ces ampères-tours sur le flux de l'induit est bien connue, mais le rôle qu'ils jouent dans la commutation n'a pas été complètement compris parce qu'on les considérait comme constants.

Supposons qu'il s'agisse d'un induit lisse sur la périphérie duquel les conducteurs sont régulièrement répartis et considérons un balai ne couvrant qu'une lame du collecteur. Désignons par 1 et 2 les lames mises en court-circuit par le balai, 2 étant la lame la plus voisine de la ligne neutre.

Considérons l'angle dièdre dont l'arête est l'axe de l'induit, dont l'une des faces est le plan diamétral qui passe par la lame 2 avec l'enroulement induit et dont l'autre face est le plan symétrique du précédent par rapport au plan neutre. Le nombre des conducteurs compris entre les faces du dièdre est égal à $2\gamma \frac{n}{c}$, n désignant le nombre des conducteurs périphériques portés par l'induit et c le nombre de lames du collecteur, 2γ étant le nombre entier ou fractionnaire de sections d'induit compris dans le dièdre.

Comptons le temps à partir de l'instant où la lame 2 va commencer à s'engager sous le balai : soit T la durée du court-circuit. Depuis l'instant $t=0$ jusqu'à l'instant $t=T$, la section connectée aux lames 1 et 2 est mise en court-circuit ; à l'instant $t=0$ une ligne de force du flux principal rencontre un nombre d'ampères-tours antagonistes égal à

$$2\gamma \frac{n}{c} i_a + \frac{n}{c}(i_a + j),$$

i_a désignant le courant dans les conduits induits contenus dans l'angle de calage et j le courant dans les conducteurs de la section en court-circuit, positivement compté dans le même sens que le premier : j a la valeur i_a à l'instant $t=0$.

A l'instant t compris entre zéro et T, la lame 2 est couverte par le balai sur une fraction $\frac{t}{T}$ de sa surface, la section en court-circuit s'est éloignée de la ligne neutre de la fraction $\frac{t}{T}$ d'une lame de collecteur et, par suite, l'angle dièdre défini précédemment comprend $\frac{2nt}{cT}$ spires de plus qu'à l'instant $t=0$, de sorte qu'à l'instant t la ligne de force du flux utile rencontre un nombre d'ampères-tours longitudinaux antagonistes égal à

$$A = 2\gamma \frac{n}{c} i_a + \frac{n}{c}(i_a + j + \frac{2nti_a}{cT}. \qquad (1)$$

M. Allen (1) et dernièrement M. Mauduit (2) ont signalé certains effets des ampères-tours de court-circuit, mais on n'a rien écrit jusqu'ici sur le rôle des ampères-tours $\frac{2nti_a}{cT}$.

Or, d'après des considérations exposées antérieurement (3), la variation des ampères-tours longitudinaux produit une variation de flux qui leur est proportionnelle ; et l'on peut considérer cette variation de flux comme produite par la superposition au flux principal d'un flux antagoniste se fermant en partie à travers les inducteurs et en partie à travers l'air dans l'espace interpolaire, par ce que j'ai appelé antérieurement les fuites à court trajet (4).

La variation linéaire $\frac{2nti_a}{cT}$ des ampères-tours longitudinaux crée donc une variation de flux linéaire à travers chacune des spires de la section court fermée, cette variation induit dans chacune de ces spires une force électromotrice constante. Cette force électromotrice e_c est d'ailleurs proportionnelle aux taux de variation de ces ampères-tours

$$e_c = 2k \frac{ni_a}{cT},$$

k est un coefficient constant qui dépend de la constitution des circuits électrique et magnétique de l'induit, des inducteurs et du circuit des fuites ; cT représente la durée d'un tour ; *par suite, lorsque l'induit tourne à raison de n tours par seconde, le mouvement du collecteur sous le balai crée, par réaction sur les ampères-tours longitudinaux, une force électromotrice constante*

$$e_c = 2knNi_a.$$

Il est aisé de voir que cette force électromotrice favorise la commutation. En effet, le flux utile traverse les spires de la section en court-circuit, en pénétrant par leur face gauche (pour le sens positif choisi pour j), et, par suite, une diminution du flux utile engendre sous les spires une force électromotrice qui tend à créer un courant de sens contraire à celui qui parcourait la section avant le court-circuit.

Arnold a montré, d'autre part, que le mouvement de la section court fermée dans le champ transversal de l'induit engendre une force électromotrice

$$e_q = k'nNi_a,$$

qui s'oppose à la commutation, k' étant une contante dépendant surtout de la réductance du flux transversal.

Dans certains cas particuliers, les deux forces électromotrices e_c et e_q s'équilibrent ; mais ce n'est pas le cas général.

Sur les propriétés optiques d'un liquide soumis à l'action simultanée de deux champs électrique et magnétique, et sur la symétrie moléculaire, par M. A. Cotton. (Voy. *les Comptes rendus*).

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 8 janvier 1913.

Compte rendu des travaux des sections, par M. Grosselin, Président. — La *première section* a pris connaissance des premiers résultats obtenus par M. Bureau, au Laboratoire Central, dans les essais de toiles isolantes ; ces données semblent consacrer l'efficacité de la méthode employée.

La *première section* doit examiner les propositions faites par la Section allemande du Comité électrotechnique international, relativement aux températures limites à adopter dans les machines.

(1) *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, avril 1898, et *Éclairage électrique*, 17 septembre 1898, p. 513.
(2) M. Mauduit, *Thèse*. Nancy, octobre 1912, p. 264.
(3) Swyngedauw, Sur la réaction d'induit dans les dynamos à courant continu. *Bull. de la Soc. intern. des Électriciens*, 1908, p. 351.
(4) Swyngedauw, *loc. cit.*, p. 354.

La *deuxième section* vient d'entendre la communication de M. de Rechlinghausen sur les lampes au mercure; elle se réunira le 19 février.

La *quatrième section* a discuté le rapport de M. Gratzmuller sur la traction par courant continu haute tension; elle entendra le rapport de M. Damoiseau sur la traction thermo-électrique.

La *cinquième section* vient d'entendre la communication de M. Turpain sur l'enregistrement des signaux horaires de la Tour Eiffel; elle se réunira le 12 février pour entendre une communication de M. Devaux-Charbonnel sur la téléphonie sous-marine.

La *sixième section* entendra le 29 janvier une communication de M. Robin sur l'étude magnétique des points de transformation de l'acier et sur leurs variations avec ses divers composants.

Le convertisseur à vapeur de mercure, par M. Maurice Leblanc fils. — *L'Industrie électrique* a publié plusieurs études complètes sur ces appareils auxquelles nous renvoyons le lecteur : Redresseur Cooper Hewitt et Redresseur en tubes métalliques.

La séance se termine ensuite avec la **Discussion sur la communication de M. Mauduit.**

M. Girault remarque que l'étude de M. Mauduit fait ressortir notre peu de connaissance sur les contacts. Un contact tient à la fois du cohéreur, de l'arc, du tube à gaz; il est peut-être analogue à un condensateur à isolant très mince et très friable avec quelques points de contact intime par perforation de l'isolant, condensateur inséré dans un circuit dans lequel sa présence n'influence qu'assez peu la valeur du courant. Une image possible d'une portion d'un contact comprendrait un élément de contact *appuyant* avec une forte pression, entouré d'un certain nombre d'éléments agissant avec une pression de plus en plus faible et enfin d'éléments non appuyants correspondant à des capacités dont la valeur superficielle spécifique est de plus en plus faible; par le passage du courant, il y a déformation et orientation des éléments superficiels de façon à réduire la résistance des éléments appuyants et à augmenter la capacité des autres (les capacités les plus élevées peuvent devenir résistances), ce qui se traduit par une diminutiou de la résistance apparente, diminution accentuée par une augmentation de la pression *réelle* au contact.

Les éléments de très forte capacité spécifique sont peut-être très nombreux et leur influence est peut-être prédominante pour les contacts très bien formés à faible pression, et avec matière relativement plastique comme le charbon (le contraire semble avoir lieu avec les contacts métalliques à très forte pression dont la résistance varie peu avec la densité de courant); le diélectrique de ces capacités étant très mince et les résistances des éléments appuyants relativement grande, ces capacités doivent claquer pour des différences de potentiel très faible et une grande partie des éléments superficiels se comporteraient alors comme de véritables arcs à basse tension.

Cependant, au fur et à mesure que la densité augmentera, l'augmentation de section de l'arc avec la densité se fera en empruntant successivement des éléments à diélectrique perforé de plus en plus épais; si l'on tient compte en outre de ce que chaque élément-capacité est en série avec une petite aspérité de conducteur et que les points appuyants sont des résistances, il semble impossible d'admettre que la différence de potentiel aux bornes d'un contact puisse demeurer *finie et minime* quand la densité du courant augmente indéfiniment.

L'expérience d'Arnold (fortes densités sur bagues sans étincelles) n'est pas une preuve de l'impossibilité d'étincelles sans rupture dans le cas de la commutation.

L'observation de Menges au sujet de la densité limite n'est pas un argument; il y a une analogie en ceci que l'on ne peut pas dire que l'existence de pressions formidables dans un coup de bélier ne peut se concevoir lorsqu'on ferme brusquement une conduite fonctionnant sous une différence de niveau relativement faible.

La signification physique de la densité limite infinie n'a jamais semblé émouvante à M. Girault : on a voulu donner à un résultat mathématique obtenu dans des conditions idéales une signification physique qu'il ne peut avoir puisque avant son obtention ces conditions idéales se trouveraient supprimées.

M. Girault avait cru tout d'abord trouver dans le dispositif expérimental de M. Mauduit une cause d'erreur grave tenant à ce que celui-ci n'emploie qu'une *seule* bobine en commutation *sans bobine symétrique* comme c'est en général le cas dans une dynamo; la bobine en commutation de M. Mauduit (de self L) se trouve bien ainsi constamment shuntée par l'ensemble des deux moitiés de l'induit artificiel, mais M. Mauduit ayant soin d'employer pour ces deux moitiés des selfs L très grandes par rapport à L, M. Girault ne peut se prononcer définitivement sur la valeur du dispositif.

M. Girault estime que l'on doit se méfier de l'oscillographe pour les variations rapides de courant; dans le cas de mauvaise commutation avec coupure après la fin de la commutation apparente, les oscillogrammes relevés ne peuvent permettre de séparer la tension de contact avant coupure de la tension de coupure.

Il serait intéressant d'oscillographier en bloc $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$, puisque c'est cette quantité qui se présente dans l'équation; et aussi d'oscillographier i_1 en même temps que ε_1, afin de tenter d'obtenir la loi de variation de la résistivité apparente de contact en fonction de la densité.

Les résultats de M. Mauduit étant supposés exacts, il en résulterait ceci : sans force électromotrice auxiliaire, $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ étant toujours faible, même vers la fin de la commutation, on ne pourrait en général avoir une intensité nulle en fin apparente de commutation à l'arête 1 qui échappe, car le courant dans la section ne varierait pas exactement de $+J$ à $-J$; il y aurait donc densité *apparente* infinie à l'arête 1 au temps T. Il y aurait lieu de vérifier que la commutation peut être bonne dans ces conditions, et si cela est, le critérium de bonne commu-

tation ne pourrait être trouvé que dans l'énergie libérée après la fin apparente de la commutation par unité de longueur de l'arête qui échappe.

L'expérience peut seule décider en ce qui concerne les lois des contacts; M. Girault estime cependant qu'il ne pouvait, faute de résultats expérimentaux, adopter en 1898 une loi autre que celle qu'il adopta pour relier les variations de surface des deux parties du balai aux résistances correspondantes; les divergences résultant des nombreuses études expérimentales faites depuis cette époque doivent faire pardonner cette adoption datant d'un autre siècle.

En ce qui concerne l'étude de M. Mauduit sur la rotation du champ de l'induit, M. Girault rappelle que son étude de 1898 était d'accord avec certains des résultats obtenus par M. Mauduit et il montre dans un cas simple comment on peut concevoir la rotation du champ d'induit et le rôle important de la bobine en commutation (1).

M. *Latour* croit que tous les électriciens sont d'accord pour l'emploi de balais résistants donnant 2 volts au contact.

Il est difficile de juger les critiques apportées aux théories de la commutation, car on se dispense en général de donner des renseignements numériques.

En ce qui concerne la loi de contact, M. Girault a employé une résistivité constante, Arnold a adopté pour la tension de contact une partie constante et une partie proportionnelle à la densité; M. Mauduit a dit : la chute de tension ne peut dépasser une certaine valeur. M. Latour partage l'avis de M. Girault au sujet de l'oscillographe et il insiste sur ce point que les densités très grandes n'existent que tout à fait à la fin de la commutation, vers le dernier centième du temps.

Il juge le dispositif de M. Mauduit très ingénieux et les résultats expérimentaux de celui-ci sur le champ d'induit sont d'accord avec les idées publiées par M. Latour sur ce sujet.

M. *Swyngedauw* est en contradiction avec M. Mauduit sur l'interprétation de certaines de ses expériences sur le rôle du champ de l'induit. Il montre que la théorie d'Arnold explique entièrement et qualitativement ces résultats. Une discussion, malheureusement trop rapide, s'engage entre MM. Swyngedauw et Mauduit.

M. *Brunswick* indique que le critérium de la tension de réactance, indiqué par Hobart et modifié par Pichelmeyer, avait été imaginé, antérieurement à Hobart, par Potier, dans son cours de l'École des Mines de 1898-1899; il employait un *module de commutation* ne différant de la tension de réactance que par un coefficient.

M. Brunswick rappelle que la première machine à pôles auxiliaires fut exposée, par M. Picou, en 1889.

M. *Gratzmüller* félicite M. Mauduit d'avoir apporté à la fois beaucoup de prudence et de hardiesse dans ses conclusions. Il rappelle que la commutation n'est pas la même pour toutes les sections d'une encoche et dit que l'on doit éviter les courants qui se fermeront entre lames par les charbons et ceux à la rupture et conserver les courants dirigés vers l'extérieur. Le circuit inducteur joue un rôle amortisseur dans une machine shunt, mais non dans une machine série. Il estime que l'équation de commutation ne nous apprend pas grand chose et rappelle qu'il indiqua en 1905, à la suite de la communication de M. Bourguignon, que les résistances de contact sont des résistances d'arc; on a une série de petites étincelles, même lorsqu'on ne les voit pas; l'arc prend une section proportionnelle à l'intensité. M. Gratzmüller explique par là un certain nombre de faits, entre autres la difficulté d'amorçage avant que le courant ait atteint une certaine valeur.

M. Mauduit répond brièvement et indique comment il conçoit la commutation :

Quand l'induit tourne d'une dent, la variation de flux dans la section est égale à deux fois le flux de la dent. Si l'on considère un tambour denté entouré d'air et que les balais tournent, si le balai est très mince, il n'y a rien tant que le balai se trouve sur une lame; il n'y a changement que lorsque le balai passe sur l'isolant et, après ce passage, tous les flux ont tourné d'une dent. Le champ passe ainsi progressivement d'une dent à l'autre.

Si l'on a un induit dans un inducteur normal :

1° On n'a pas de force électromotrice produite par le champ transversal;

2° On a une force électromotrice produite par le flux longitudinal : cette force électromotrice favorise la première partie de la commutation et est défavorable durant la dernière partie. Elle est étouffée quand le circuit inducteur est fermé;

3° Dans la force électromotrice de self $L\frac{di}{dt}$, L est le coefficient plein de la section si l'inducteur est ouvert; si l'inducteur est fermé, L correspond au flux qui échappe à l'inducteur. Si l'inducteur est excité, les dents sont saturées et L diminue notablement.

Dans le cas de l'inducteur ouvert, M. Mauduit a obtenu pour la tension d'une section des oscillogrammes avec *oscillations* qui disparaissent dans le cas de l'inducteur fermé.

En considérant la force électromotrice moyenne durant la commutation, laquelle se déduit du flux coupé par la section à la périphérie, M. Mauduit montre que l'emploi du pas fractionnel n'a pas de raison d'être et que la largeur des balais n'a pas d'action sur la commutation.

P. G.

Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.

Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.

(1) Voy. p. 27.

REVUE DE LA PRESSE

APPAREILLAGE

Avantages des bobinages en aluminium. — La suppression de tout isolant organique permet aux bobines d'aluminium à fil nu de supporter sans inconvénient des surcharges considérables auxquelles ne sauraient résister les bobines en fil de cuivre isolé. L'humidité préjudiciable aux moteurs de tramways et à tous les moteurs exposés aux intempéries n'a pas d'influence sur les bobines à fil d'aluminium. Le guipage des fils empêche le refroidissement des bobines en cuivre; par contre la transmission de la chaleur engendrée dans les bobines en aluminium se fait rapidement vers la carcasse; l'échauffement des noyaux est faible et le rendement n'est pas diminué de ce fait. Les bobines d'aluminium sont construites le plus souvent en fil de section rectangulaire, ce qui permet d'éviter les espaces nuisibles qui constituent de véritables chambres calorifuges dans les bobines en cuivre. En outre les fils bien calibrés se superposent exactement et les bobines conservent approximativement leur volume. Les frottements dus à la dilatation des fils n'exercent aucune influence sur la couche d'oxyde qui constitue l'isolant entre les spires; il n'en est pas de même dans les bobines à fil de cuivre où ces frottements dénudent les fils et sont souvent la cause de courts-circuits entre spires.

La bobine en aluminium est remarquablement légère, d'où maniement plus commode, montage plus facile, résistance supérieure des attaches et augmentation de la charge utile dans les électros de levage dont le poids à force portante égale est inférieur de 30 pour 100 à celui des électros à bobines de cuivre. La différence entre les encombrements d'une bobine à fil de cuivre et d'une bobine à fil d'aluminium ayant même nombre de spires et même résistance ohmique n'est pas celle qui semble résulter à première vue de la comparaison des coefficients de résistivité. A 20 pour 100 les résistances spécifiques du cuivre et de l'aluminium sont dans le rapport de 17 à 28, soit une différence de 65 pour 100 qui semble devoir être retrouvée entre les sections des bobines pour que à longueur égale la même température soit atteinte dans les deux bobines. Il est alors évident que cette augmentation de section de 65 pour 100, ne permettrait pas de loger dans l'emplacement d'une bobine en fil de cuivre une bobine d'aluminium équivalente. Il importe de remarquer qu'on obtiendrait alors une bobine qui à l'état d'équilibre aurait une température de beaucoup inférieure à celle de la bobine de cuivre et que le moteur électrique ou l'électro ne travaillerait pas à son maximum d'utilisation. La raison de ce fait réside dans la différence des chaleurs spécifiques qui sont de 0,23 pour l'aluminium contre 0,09 pour le cuivre. Il en résulte que, pour un même courant, la bobine d'aluminium définie plus haut s'échaufferait moins que la bobine de cuivre remplacée dans le rapport de 12 à 9, le rapport des poids spécifiques étant voisin de 3 à 9.

La température de la bobine d'aluminium étant moindre, il en sera de même de la résistance; la différence des coefficients de dilatation, qui sont de 40 pour le cuivre et de 36 pour l'aluminium, vient encore renforcer ce résultat, de sorte que, pour une même augmentation de température, la résistance de la bobine d'aluminium est inférieure de 10 pour 100 à celle de la bobine en fil de cuivre. Si l'on tient compte en outre du fait que le fil d'aluminium n'est pas recouvert de guipage, on arrive au résultat, vérifié en pratique, qu'une bobine d'aluminium dont la section surpasse de 35 à 40 pour 100 celle du fil de cuivre de la bobine équivalente suffit. L'absence d'un guipage en coton de 0,4 à 0,5 d'épaisseur permet alors à la bobine d'aluminium de remplacer la bobine de cuivre dans son logement, d'où la fréquence de son emploi pour renforcer l'excitation des moteurs à courant continu surchargés.

M. A.

ÉLECTROLYSE

Extraction électrolytique du zinc. — Depuis quelque temps, M. Gordon French fait des expériences à Nelson (Canada) dans le but d'extraire le zinc des minerais de Slocan qui contiennent du plomb argentifère et du fer. L'objectif est de séparer simplement le zinc en laissant comme résidu le plomb argentifère, le fer et la gangue qui sont ensuite traités par la manière ordinaire pour minerai de plomb sans zinc. Les avantages revendiqués sont : 1° la récupération du zinc sous une forme métallique et marchande; 2° par l'élimination du zinc du minerai original : *a.* le résidu devient un minerai de plomb (sulfate) sans zinc et ainsi bénéficie d'un plus bas prix de fusion et évite toute pénalité pour zinc qui aurait affecté le minerai originel; *b.* le résidu contenant tout le plomb et l'argent du minerai originel pèsera moins qu'un tel minerai originel, le zinc contenu étant extrait; par conséquent il aura une plus forte teneur en plomb et argent et l'on aura un poids moindre à fondre; 3° l'argent contenu dans la blende se réfugiera dans le résidu et sera ainsi récupéré par la fusion, alors qu'il serait perdu si la blende était séparée du minerai de plomb par un procédé mécanique.

Les minerais expérimentés comprenaient principalement des concentrés de zinc avec galène, blende, pyrite, carbonate de fer et comme gangue du quartz et argile avec un peu de manganèse. Le minerai broyé au tamis dix-mesh est grillé à mort dans un four de calcination ordinaire, ce qui transforme les sulfures en oxydes théoriquement, quoique, en pratique, il reste finalement quelques sulfates et sulfures. A l'extrémité chaude du four à calciner, on ajoute environ 5 pour 100 d'un produit de déchet des usines d'acide sulfurique contenant du bi-sulfate de soude avec 25 pour 100 d'acide sulfurique libre, en forme de poudre qui est ensuite rablée avec le minerai jusqu'à mélange intime. Les oxydes du minerai sont alors transformés en sulfate; on extrait la charge du four après cette opération qui dure environ quinze minutes, la réaction étant rapide. Après refroidissement, le minerai est chargé dans une cuve de lixiviation en bois avec de l'eau acidulée par une petite quantité du produit des usines à acide sulfurique dont nous avons déjà parlé, ou de l'acide sulfurique libre est ajouté. Les oxydes et sulfates de zinc et manganèse sont dissous, alors que le sulfate de plomb de même que l'argent sont insolubles, et restent au fond de la cuve avec la gangue. M. French estime que les sulfates de fer ne sont pas lavés jusqu'à ce que tout le zinc soit en solution et si la lixiviation est arrêtée avant que le zinc soit tout extrait, le fer restera insoluble. En fait, les solutions de l'usine ne contiennent pas beaucoup de fer et semblent confirmer cette assertion. Le produit filtré de la cuve de lixiviation contenant des sulfates de zinc, manganèse et soude, est introduit dans une caisse en bois où sont suspendues des feuilles alternativement de zinc et plomb immergées dans l'électrolyte qui est ici le filtré. Les plaques de zinc sont reliées au pôle positif et celles de plomb au pôle négatif d'une dynamo à courant continu de faible tension. L'action du courant électrique est de métalliser la feuille de zinc avec le zinc métallique qui s'accumule en une masse dure et dense sur la surface entière de la plaque; on l'enlève lorsque l'on a l'épaisseur demandée et une nouvelle feuille de zinc est mise à la place. Le zinc déposé électrolytiquement est ensuite facilement enlevé de la plaque qui peut être réemployée; le zinc métal n'ayant plus qu'à être fondu et coulé en barres pour être vendu sur le marché. Au pôle négatif le manganèse est précipité en oxyde

noir de manganèse pulvérulent qui est brassé de temps en temps et réuni dans le fond de la caisse; cet oxyde noir de manganèse a une valeur commerciale

L'usine de M. French à Nelson n'est encore qu'à des dimensions d'essai. On a produit du zinc métal à 99 pour 100 de zinc, 0,5 de cuivre et des traces d'argent. (*Journal du four électrique et de l'électrolyse* du 1er novembre.)

ÉLECTROTHERMIE

La désulfuration au four électrique. — M. Cecil Myers, à la Manchester Association of Engineers, a étudié l'action chimique qui se produit au four électrique pendant le raffinage de l'acier dont les résultats sont les déphosphoration et désulfuration du bain. L'action se produit en deux stades. Dans le premier, qui est la période d'oxydation, le carbone, silicium et manganèse sont oxydés; et dans le second, qui est la période de désoxydation, le métal est fondu à mort et le soufre éliminé. La première action est stimulée en ajoutant à la charge certaines quantités de chaux et oxyde de fer qui, sous l'influence de la haute température, oxydent le carbone, silicium, manganèse et éliminent le phosphore à l'état de phosphate de chaux. Après cette opération la scorie est enlevée du bain et d'autres quantités de chaux, parfois de carbone, sont ajoutées, c'est la deuxième étape où le soufre passe dans la scorie à l'état de sulfure de calcium non soluble dans le métal. Au four Martin, le sulfure de calcium serait parfaitement oxydé en sulfate de calcium qui se combinerait au fer pour former du sulfure de fer, entraînant ainsi le soufre dans l'acier, mais dans l'atmosphère réductrice du four électrique cette réaction ne peut se produire, de sorte qu'il est ici possible de désulfurer autant qu'on le veut. En réponse à une question : savoir, si de bons moulages d'acier peuvent être produits au four électrique, M. Myers établit qu'ils peuvent certainement être obtenus, mais à un prix plus élevé actuellement qu'au four Martin. (*Journal du four électrique et de l'électrolyse* du 1er novembre 1912.)

MESURES

Mesure électrique de la vitesse du vent. — M. Morris vient de proposer un appareil original pour la mesure de la vitesse du vent, essentiellement composé d'un pont de Wheatstone. Deux branches de ce pont sont constituées par des fils de manganin et les deux autres par des fils de platine. On fait passer dans ces fils un courant suffisant pour les échauffer et on règle l'équilibre, puis on soumet les fils au courant d'air à mesurer, ils se refroidissent et comme le coefficient de température du manganin est presque nul, tandis que celui du platine est important, on voit que l'équilibre du pont sera rompu. Pour le rétablir il faudra augmenter l'intensité du courant qui circule et cette augmentation permet d'évaluer la vitesse de l'air par un tarage préalable.

Ce procédé pourra remplacer avantageusement le tube de Pitot qui est insuffisant lorsque l'air est agité. M. Boussinesq a établi théoriquement et M. Kennelly expérimentalement que lorsque la vitesse du courant d'air sur les fils est quadruplée, la puissance dissipée à une intense température est doublée, de plus l'humidité de l'air ne paraît avoir aucune influence. (*Revue industrielle* du 9 novembre 1912.)

Sur la détermination des valeurs momentanées des flux magnétiques périodiquement variables. — M. le professeur G. Melazzo, après avoir résumé la méthode graphique et la méthode de l'interrupteur synchrone Sahulka, décrit un interrupteur-commutateur synchrone qu'il a imaginé, pour appliquer la méthode de M. Sahulka, même quand les demi-périodes du courant d'excitation alternatif ne sont pas identiques.

A l'aide de cet appareil le flux magnétique que l'on mesure avec le galvanomètre balistique a toujours ses demi-périodes identiques, car celles-ci comprennent une période entière du flux alternatif en examen.

M. Melazzo fait remarquer que, lorsqu'on a soin de diminuer convenablement les erreurs dues aux forces électro-motrices qui se développent au contact des balais, l'on trouve dans sa méthode et dans celle de M. Sahulka tous les avantages que l'on peut désirer pour la soigneuse détermination des valeurs momentanées du flux magnétique. (*Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana*, octobre 1912.)

MOTEURS ÉLECTRIQUES

La traction par des courants alternatifs simples avec moteurs Winter-Eichberg de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. — Le moteur Winter-Eichberg est un moteur monophasé à collecteur fonctionnant en répulsion; il porte sur le stator l'enroulement de compensation et sur le rotor un enroulement normal avec deux jeux de balais : l'un des jeux dans l'axe magnétique du stator représente l'enroulement de travail, dans lequel la tension est induite par le flux du stator. l'autre perpendiculaire à ce flux représente l'excitation et il est alimenté au moyen d'un petit transformateur qui est mis au réseau en série avec le stator.

M. Goffredo Huldschiner déduit le fonctionnement et les courbes caractéristiques de ce moteur et prouve qu'il fonctionne dans les environs du synchronisme avec un cos φ pratiquement égal à 1; il décrit ensuite le chemin de fer Padoue-Fusina, le premier en Italie équipé avec le moteur Winter-Eichberg.

Dans ces derniers temps l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft a développé un type de moteur perfectionné, en alimentant le circuit de travail sur le rotor non seulement par induction, mais aussi directement du réseau.

Les moteurs construits selon ce principe, nommés moteurs à double alimentation, ne sont plus liés au synchronisme et ils sont spécialement adaptés pour les grandes locomotives avec un régime de vitesse très variable. De telles locomotives ont été construites pour la ligne Dessau-Bitterfeld, ligne d'essai des chemins de fer prussiens.

Avec ces moteurs on peut aussi réaliser la récupération d'énergie sur les pentes, et cela d'une façon analogue à celle des moteurs asynchrones triphasés.

L'auteur donne quelques résultats, très favorables, d'essais de récupération faits sur une locomotive fournie pour les chemins de fer du Midi de la France. (*Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana*, octobre 1912.)

TRACTION ÉLECTRIQUE

Automotrices thermo-électriques. — Plusieurs compagnies de chemins de fer d'intérêt local utilisent des automotrices à moteur à pétrole et à transmission électrique qui possèdent de sérieuses qualités de souplesse et de mise en marche.

Les chemins de fer vicinaux de Belgique, notamment dans la province du Hainaut, utilisent des véhicules comportant :

1° Un moteur à explosion qui commande directement les essieux au moyen de simples cardans terminés par des engrenages d'angle.

2° Une dynamo spéciale calée sur le même arbre que le moteur à essence pour lequel elle fait office de volant, cette dynamo peut fonctionner à des vitesses très variables soit en génératrice, soit en réceptrice.

3° Une petite batterie-tampon d'accumulateurs placée sous le châssis de la voiture.

Le moteur à benzol est prévu pour donner la puissance

moyenne; quant l'effort de traction augmente (démarrages, rampes, etc.), la tension de la dynamo baisse par suite de la diminution de la vitesse, la batterie fournit alors automatiquement à la dynamo, qui devient réceptrice, le supplément d'énergie indispensable; cela s'appelle le *tamponnage* du moteur à explosion; inversement dans une descente la tension de la dynamo augmente et devient supérieur à celui de la batterie qui *récupère* alors l'énergie; tamponnage et récupération s'effectuent automatiquement.

En dehors des organes essentiels qui viennent d'être analysés, chaque voiture comporte en outre des appareils de manœuvre et de sécurité assez analogues à ceux des voitures à traction électrique.

Depuis le mois de décembre 1911, la ligne de Poissy à Saint-Germain est exploitée exclusivement avec trois voitures de ce genre qui ont remplacé la traction à vapeur système *Francq*. Le tamponnage du moteur à explosion permet de franchir à une allure convenable les pentes assez fortes de la ligne (55 mm par mètre); la récupération d'énergie fait réaliser des économies assez sensibles. (*L'Ingénieur-constructeur*, décembre 1912.)

DOCUMENTS OFFICIELS

Distribution d'énergie électrique. — Par arrêté en date du 11 janvier 1913, du ministre des travaux publics, sont nommés membres de la commission des distributions d'énergie électrique, pour les années 1913 et 1914 :

MM. Jullien, inspecteur général des ponts et chaussées, président; Doërr, inspecteur général des ponts et chaussées; Chabert, inspecteur général des ponts et chaussées; Rivoire-Vicat, inspecteur général des ponts et chaussées; Luneau, inspecteur général des ponts et chaussées; Marion, inspecteur général des ponts et chaussées; Ribière, inspecteur général des ponts et chaussées; De Volontat, inspecteur général des ponts et chaussées; Limasset, inspecteur général des ponts et chaussées; Walckenaer, inspecteur général des mines; Lienard, ingénieur en chef des mines; Zacon, inspecteur départemental du travail; Berthelot (André), administrateur délégué de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris; Cordier, administrateur délégué de la Société « Energie électrique du Littoral méditerranéen »; Brylinski, sous-directeur de la Société du Triphasé; Raclet, administrateur délégué de la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône.

Seront attachés à la commission des distributions d'énergie électrique, pendant les années 1913 et 1914, pour remplir les fonctions ci-après désignées :

Secrétaire : M. Ourson, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Secrétaires adjoints rapporteurs : MM. Oppenheim, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées; Le Gavrian, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées; Le Trocquer, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées; Huet (Robert), ingénieur ordinaire des ponts et chaussées; Defline, ingénieur ordinaire des mines; Aron (Alexis), ingénieur ordinaire des mines; Girousse, ingénieur des télégraphes; Gervais de Rouville, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

— Par arrêté en date du 16 janvier 1913 : MM. Heude et Tourtay, inspecteurs généraux des ponts et chaussées, ont été nommés membres de la commission des distributions d'énergie électrique pour les années 1913 et 1914.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

15 423/434 695. — **Marchant.** — *Perfectionnements dans les transmetteurs téléphoniques* (3 février 1912).

440 189. — **Société Bergmann Elektricitats Werke A. G.** — *Moteur à courant alternatif à décalage des balais* (14 février 1912).

440 194. — **Allmanna Svenska Elektriska Aktiebolaget.** — *Dispositif pour accélérer ou retarder les variations d'un champ magnétique* (15 février 1912).

440 199. — **Siemens Schuckert Werke G. m. b. H.** — *Dispositif pour empêcher l'auto-excitation des moteurs série triphasés.*

440 228. — **Firme Greif et Schlik.** — *Système de connexion et de régulation pour les induits de génératrices électro-magnétiques alimentant des lanternes de vélocipèdes,* etc. (15 février 1912).

440 247. — **Société dite : Vulkan Maschinenfabriks A. G.** — *Enroulement protégé contre le choc, pour électro-aimants rotatifs* (16 février 1912).

440 287. — **Siemens Schuckert Werke Ges.** — *Procédé pour la régulation et la stabilisation du champ des génératrices à collecteur auto-excitatrices pour courant continu ou alternatif* (17 février 1912).

15 414/436 860. — **Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.** — *Modes d'alimentation des rotors à collecteur avec multiplication des lignes de balais* (24 avril 1911).

15 417/422 757. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Nouveau moteur électrique* (9 janvier 1912).

15 445/439 360. — **Féry.** — *Perfectionnements aux accumulateurs électriques* (10 février 1912).

440 074. — **Buisset et Augustin.** — *Système de poteau métallique démontable pour lignes électriques aériennes* (26 janvier 1912).

440 106. — **Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m. b. H.** *Éclateur à soufflage des étincelles pour la production d'oscillations rapides* (13 février 1912).

440 119. — **Goldberg.** — *Procédé pour appliquer une couche conductrice de l'électricité sur une surface non conductrice de l'électricité* (13 février 1912).

440 146. — **Délay.** — *Dispositif interrupteur électrique pour courants de lumière, actionné par la manœuvre d'une porte* (14 février 1912).

440 163. — **Filliol.** — *Câble électrique aplati à conducteurs latéraux* (14 février 1912).

440 202. — **Pétras.** — *Dispositif de sûreté pour empêcher des accidents par la rupture de conducteurs électriques* (15 février 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

72371. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 507. 10 Février 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La vérification des joints de rails au téléphone. — Le 20e anniversaire de l'Association amicale des Ingénieurs-Electriciens. — Unification des couleurs utilisées pour distinguer les tuyauteries dans les usines. — Un nouveau système de rhéostat. — Une revue nouvelle de T. S. F. — La T. S. F. appliquée à l'aviation. — Nouvelles voitures automotrices des chemins de fer suédois. — La commande des machines au moyen de rubans d'acier. — Les chemins de fer à courant continu à haute tension. — Emploi du système Poulsen. — Une tour de 500 m pour la T. S. F. — Distinctions honorifiques. . . . 49

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Auvillar. Auzon. Beaucaire. Brioude. Châlons-sur-Marne. Givonne. Rioupéroux. Sabres. Saint-Genou. Saint-Romain-le-Puy. Saint-Florent. Toulouse. 52

NÉCROLOGIE. — **Cailletet**. 52

EXTRACTION DE L'AZOTE DE L'AIR AU MOYEN DE L'ARC ÉLECTRIQUE. **F. L.** 53

LES ATELIERS DE RÉPARATION D'UNE ENTREPRISE DE TRACTION ÉLECTRIQUE. **R. Raymond** 55

CALCUL DE LA PERTE PAR EFFET « CORONA » DANS LES CANALISATIONS A HAUTE TENSION. **P. N.** 61

LES POULIES-POMPES ÉLECTRIQUES. **A. Z.** 67

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance publique annuelle du 16 décembre 1912 : Prix décernés :* Prix La Caze. — Prix Wilde. — Prix Hébert. — Prix Hughes. — Prix Bonaparte 70

REVUE DE LA PRESSE. — *Electrométallurgie :* Nouvelle usine anglaise pour la fabrication de l'acier. — *Magnétisme :* Sur la détermination exacte du coefficient de Steinmetz. — *Mesures :* Mesure des courants vagabonds dans les conduites. — *Moteurs :* Le graissage au graphite. L'utilisation de hauts degrés de vide dans les turbines à vapeur à faibles sections d'échappement. Moteur à vapeur pour poussier de charbon. — *Stations centrales :* Les vibrations des machines électriques. 70

BREVETS D'INVENTION 72

INFORMATIONS

La vérification des joints de rails au téléphone. — On sait que pour faire revenir le courant à l'usine dans les installations de tramways à trolley, principalement dans les grandes villes, on prévoit des câbles de retour logés dans le sol généralement près des voies de roulement. Malgré cette précaution, l'éclissage des rails doit être particulièrement soigné et assuré par des connexions en cuivre. Malheureusement ces jonctions sont rarement vérifiées parce qu'il faut employer des appareils de précision que l'on n'a pas toujours sous la main.

La vérification peut cependant se faire aisément au moyen d'un téléphone ainsi que la pratique journalière l'a montré à Bruxelles. On utilise un poste téléphonique simplifié dans lequel le microphone est remplacé par le joint de rail. Le courant de retour des tramways suffit pour assurer le fonctionnement.

On peut avec ce procédé comparer la résistance du joint à celle de deux mètres de rail ; pour cela, au moyen de deux limes raccordées aux extrémités du circuit primaire de la bobine d'induction du poste, on frotte le rail en deux points, le secondaire étant relié à un téléphone, on entend un bruit très net provenant des coupures et rétablissement du circuit provoquées par les dents de la lime. Pour vérifier un joint, on frotte les deux limes de part et d'autre du joint, puis entre deux points pris sur le rail à deux mètres l'un de l'autre. Si les deux bruits sont comparables, c'est que le joint est bon ; si le bruit est plus fort pour le joint, ce dernier est défectueux. Des essais faits journellement à Bruxelles ont montré que l'essai est non seulement concluant, mais qu'il est très rapide et à la portée des ouvriers chargés de changer les connexions. A. S.

Le 20e anniversaire de l'Association amicale des Ingénieurs-Électriciens. — Dans les salons du quai d'Orsay, à Paris, l'Association amicale des Ingénieurs-Électriciens célébrait, le dimanche 26 janvier, son 20e anniversaire.

Fondée en 1893 sous l'initiative des regrettés Franck Géraldy et Sarcia, cette association n'a cessé de s'accroitre ; elle constitue aujourd'hui un lien puissant entre les ingénieurs-électriciens de toutes catégories.

Admirablement organisée par son président M. Sartiaux,

dont le zèle, l'activité et le dévouement ne connaissent pas de bornes, cette fête offerte aux familles des adhérents a réussi au delà de toutes les prévisions.

Nos félicitations les plus sincères vont au président et à son comité d'organisation pour le succès remarquable de cette réunion. Il nous reste à souhaiter à cette association le développement qu'elle mérite, étant donné l'avantage qu'ont les ingénieurs-électriciens à s'unir et à se connaître. Leurs relations commerciales n'en sont ensuite que meilleures et, grâce au nombre, leurs droits sont respectés. A. S.

Unification des couleurs utilisées pour distinguer les tuyauteries dans les usines. — L'Association des Ingénieurs métallurgistes allemands et diverses associations similaires ont établi un tableau type des couleurs adoptées par lesdites associations pour distinguer les différentes conduites d'eau, de gaz et de vapeur d'une même fabrique ou usine.

Les couleurs indiquées dans ce tableau type sont les suivantes :

Vert, pour l'eau ;
Jaune, pour le gaz ;
Bleu, pour l'air ;
Blanc, pour la vapeur ;
Noir, pour le goudron ;
Rose, pour les dissolutions ;
Brun, pour l'huile ;
Gris, pour le vide ;
Rose avec un trait rouge, pour les acides.

Différentes variantes sont indiquées pour différencier entre elles les conduites d'une même nature, mais de destination distincte : ces variantes consistent essentiellement en une bande transversale placée sur la couleur fondamentale. Au sujet de l'application du principe, on préconise l'emploi de bagues en tôle émaillée ou vernissée, ces bagues ayant de 10 à 15 centimètres de large et étant placées aux endroits les plus en vue ou auprès des croisements et points dangereux.

Un nouveau système de rhéostat. — On vient d'établir un système de rhéostat automatique à variation continue de

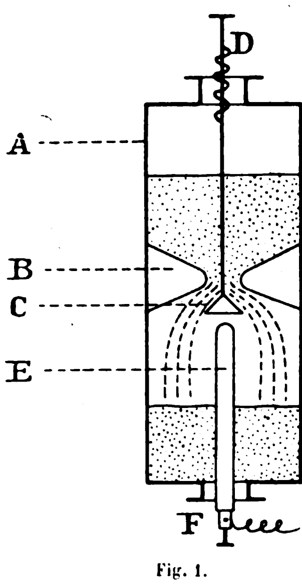


Fig. 1.

la résistance qui paraît intéressant pour les démarrages de machines confiées à des manœuvres ou à un personnel inexpérimenté.

Ces rhéostats, basés sur le principe du sablier, consistent en un tube A (fig. 1) portant un étranglement B divisant le tube en deux moitiés à peu près égales. On introduit dans le tube du charbon finement pulvérisé et sec, il s'écoule par l'étranglement conique avec une vitesse qui peut être réglée par un obturateur manœuvrable en D.

On voit que si l'on dispose dans le compartiment inférieur une tige métallique isolée F, la poudre de charbon viendra établir une communication entre la tige et le tube, et la valeur

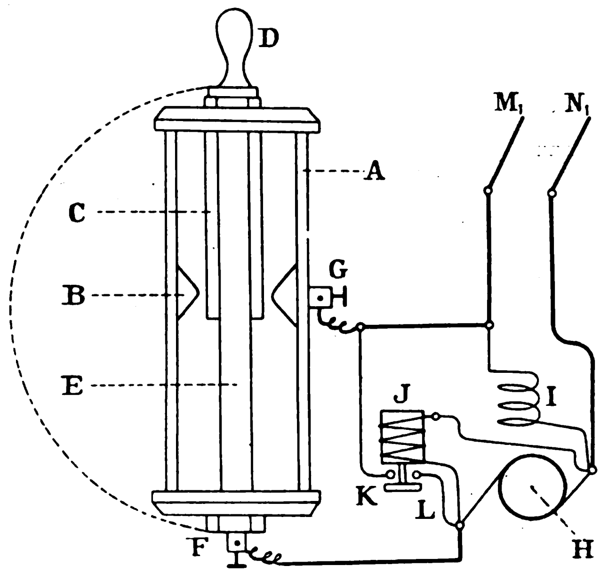


Fig. 2.

de la résistance ainsi introduite décroîtra peu à peu comme dans un rhéostat hydraulique. La loi de la décroissance suit une courbe exponentielle.

Cet appareil est en somme équivalent à un rhéostat hydraulique sans en avoir les inconvénients. Le tube étant clos, la poudre de charbon ne peut brûler, il se forme en effet comme dans les arcs à vase clos une atmosphère d'acide carbonique qui permet à l'appareil de fonctionner, même à des températures élevées.

La figure 2 montre le dispositif appliqué au démarrage d'un moteur shunt H ; un contacteur J met le rhéostat en court-circuit une fois le démarrage obtenu.

Une revue nouvelle, la T.S.F. — La T.S.F. prenant chaque jour plus d'importance et d'extension, il n'était pas sans intérêt de rassembler périodiquement, sous forme d'une Revue, tous les documents concernant cette application curieuse. C'est le rôle que s'est assigné notre nouveau confrère auquel nous souhaitons la bienvenue.

La T.S.F. appliquée à l'aviation. — Nous donnons ci-dessous le résumé des essais récemment entrepris en vue de communiquer avec des aéroplanes avec les appareils Rouzet de la Société Industrielle de T.S.F. ; les constantes des appareils et les conditions de fonctionnement ont été également indiquées.

1° *Essais sur biplan Savary* (moteur Labor-Aviation), 3 et 4 mai 1912.

Poste transmetteur sur l'aéroplane : 220 watts.

Contrepoids unifilaire isolé, développé sur le biplan.

Antenne flottante : 30 mètres de fil d'aluminium de 2 mm.

Poste récepteur muni d'un détecteur Tissot-Pellin.

Antenne unifilaire de 25 mètres, suspendue à un potelet sur le toit d'un hangar, soit à 15 mètres du sol.

2° *Essais contrôlés officiellement par le Lieutenant Cheutin*,

6 mai 1912. — Sur le circuit Chartres–Angerville–Étampes–Chartres (le plus grand éloignement ayant été de 45 km).

Très bonne réception sur tout le parcours.

3° *Essais sur biplan M. Farman* (moteur Renault), 25 juillet 1912, à Saint-Cyr-Aviation. — Avion C.M.F. 26, piloté par le Lieutenant Mauger-Devarennes.

Antenne flottante : 50 mètres de câble nu formé de 7 brins de 7,10 mm.

Contrepoids unifilaire isolé développé sur l'avion.

Poste récepteur muni d'une antenne de 25 mètres, extrémité à 19 mètres au-dessous du sol.

Essais sur Saint-Cyr-Meaux, Saint-Cyr-Amiens, etc.

Distance de communication obtenue 80 km. Essais interrompus pour montage de l'appareil sur l'avion C.M.F. 44 en vue de son expérimentation aux manœuvres.

4° *Essais aux Manœuvres* (du 7 au 17 septembre 1912). — (Avion C.M.F. 44, pilote Lieutenant Mauger-Desvarennes), escadrille 2 parti bleu.

Poste transmetteur : mêmes caractéristiques d'antenne, etc., que sur le C.M.F. 26.

Poste récepteur : Antenne unifilaire de 30 mètres supportée par un mât de 19,50 m.

Bonne réception pendant les reconnaissances Voultegon–Chambroutet–Saint-Porchaire–Bressuire–Beaulieu–Riblaire–Airvault–Les Jumaux–Assais.

Le 16 septembre 1912. — Mirebeau–Clouppes–Verrue–Guesnes–Angliers–La Chaussée-Saint-Jean-de-Sauves.

Mirebeau–Monts-sur-Guesnes–Richelieu–Pouzay–Ste-Maure.

Sepmes–Port-de-Piles–Dangé–Châtellerault.

Châtellerault–Leignes–Sainte-Maure.

Très bonne réception à la plus grande distance, c'est-à-dire lorsque le poste récepteur était établi près de Mazeuil et lorsque l'avion évoluait au delà de Sainte-Maure (70 à 80 km).

5° *Essais du premier poste livré à l'Amirauté Anglaise* sur biplan Shorth (moteur Gnome, au champ d'aviation d'Eastchurch (Ile de Cheppey), 9 novembre 1912.

Poste transmetteur : 300 watts.

Contrepoids unifilaire isolé, développé sur l'aéroplane.

Antenne unifilaire de 50 mètres, câble cuivre, 7 brins de 5,10 mm.

Poste récepteur de la Marine Anglaise — Mât de 18 mètres, antenne prismatique (1 m de diagonale de base) de 24 m de longueur.

Essais officiels concluants sur le circuit Eastchurch–Margate–Sandwich–Douvres–Cantorbury.

Il est à remarquer que la distance a été couverte malgré que le poste, lors du premier essai, ne fonctionnait pas à sa puissance normale. La poulie de commande montée sur le moteur Gnôme avait été exécutée avec un diamètre un peu trop faible, de sorte que la génératrice ne tournait pas à sa vitesse normale. Le débit était de 150 watts au lieu de 220.

Nouvelles voitures automotrices des chemins de fer suédois. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 31 octobre.) — L'administration des chemins de fer suédois a obtenu des résultats très satisfaisants lors des essais de deux nouvelles voitures automotrices, dans lesquelles un moteur Diesel, actionne une génératrice électrique, qui envoie son courant à des dynamos réceptrices. Sur la ligne d'essai de 37 km de longueur, on a consommé seulement 10 kg de pétrole brut, tandis qu'avec les trains à vapeur on dépense de 14 à 18 fr de combustible. Le prix de revient de la voiture, qui est d'environ 50 000 fr, est par contre très élevé; on n'a encore aucune donnée sur les frais d'entretien. F. L.

La commande des machines au moyen de rubans d'acier. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 7 novembre.) — M. L. Silberberg donne dans le journal de la Société des ingénieurs allemands (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, p. 1768, vol. 55 de l'année 1912) des renseignements sur le développement et l'avenir de la commande par rubans d'acier.

On doit employer pour la construction des rubans, de l'acier au charbon de bois durci, qui laminé d'abord à chaud, est amené ensuite à froid à une épaisseur de 0,2 à 0,9 mm et à une largeur de 12 à 400 mm. Sa résistance à la traction est de 150 kg par mm² et on doit le faire travailler entre 6 et 8 kg par mm². M. Silberberg donne des diagrammes relatifs aux puissances transmises quand on fait travailler les rubans à 7,5 kg : mm². Les puissances diminuent avec l'augmentation des diamètres et l'accroissement de la vitesse angulaire; conditions qui n'avaient pas été observées au commencement de l'emploi des rubans d'acier, et qui ont donné lieu à beaucoup d'ennuis. La transmission par rubans d'acier est surtout avantageuse dans le cas où on a de grandes puissances, avec un nombre de tours par minute moyen et de grandes poulies. Les distances d'axe en axe des poulies dépendent également du nombre de tours, c'est-à-dire de la vitesse du ruban. Si la vitesse est faible, les axes peuvent être aussi rapprochés que possible, de sorte que la commande par ruban d'acier peut remplacer celle par roues dentées.

La jonction des extrémités du ruban s'effectue aujourd'hui, après beaucoup de tâtonnements, d'après un système, imaginé par Eloesser, l'inventeur de la commande par rubans d'acier. M. Silberberg donne la description de ce système.

Les poulies ont leur surface cylindrique ou très peu recourbée; le ruban d'acier est placé sur elles au moyen de dispositifs spéciaux; on a obtenu de très bons résultats en disposant sur le pourtour de la poulie une couche de toile et de liège afin d'augmenter le frottement. L'auteur donne des chiffres intéressants sur les coefficients de frottement, obtenus lors d'essais entrepris au laboratoire de l'école technique supérieure de Berlin; il décrit aussi un dispositif qui permet de déterminer la longueur à donner au ruban.

Une grande quantité de commandes par rubans d'acier est en service, et toutes ces installations donnent toute satisfaction. On utilise le ruban d'acier pour la commande de laminoirs, celle de pompes à piston à allure lente, de compresseurs et spécialement comme remplacement de commandes par cordes qui peuvent être très facilement transformées. Un des grands avantages est qu'avec le ruban d'acier on peut avoir des arbres faisant entre eux des angles quelconques.

F. L.

Les chemins de fer à courant continu à haute tension. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 7 novembre.) — A la réunion de la « New York State Association » à Saratoga, M. W. P. White a parlé des avantages et de l'emploi toujours plus grand des chemins de fer à courant continu à 1200 v. La transformation du chemin de fer Washington, Baltimore, Annapolis, qui était à courant alternatif, a permis de diminuer de 18 tonnes le poids des voitures et les dépenses de traction ont baissé de près de moitié. L'augmentation de la tension a permis d'augmenter de beaucoup la longueur des installations à courant continu, celle de la ligne de l'Oregon Electric Railway a été portée à 120 km, et celle du Fort Dodge, Des Moines and Southern Railway à 42 km. La construction de 6 nouvelles lignes d'une longueur totale de 455 km montre bien le succès du courant continu à haute tension. L'auteur considère que le courant continu est préférable en tout cas au courant alternatif. En Amérique, si la General Electric C° apparait comme soutenant l'emploi du courant continu, par contre la Westinghouse C° recommande l'emploi du courant alternatif. F. L.

Emploi du système Poulsen. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 7 novembre.) — Il paraitrait que la « Poulsen wireless Telephone and Telegraph C° », serait parvenue à établir une communication régulière par télégraphie sans fil, entre San Francisco et Hawaï, c'est-à-dire sur une distance plus consi-

dérable que celle de l'Irlande à l'Amérique. La puissance du poste transmetteur n'est que de 50 kw. Le gouvernement des États-Unis a consacré une somme de 5 millions et demi de francs à la création de nouvelles stations Poulsen. Le parlement américain veut que l'on puisse communiquer à tout moment de Washington avec n'importe quel vaisseau de la flotte de guerre; pour cela on a installé à Arlington, près de Washington, une station monstre dont les 3 tours ont l'une une hauteur de 210 m et les deux autres des hauteurs de 150 m.

On projette la construction de stations Poulsen, au canal de Panama à Lutuila (l'une des îles Samoa), à l'île Guam (dépôt de charbons), à Luzon (l'une des îles Philippines). La distance de communication de ces stations sera un peu plus grande que la moitié du tour du monde. On projette également au Canada la construction d'une série de stations Poulsen qui seront subventionnées par le gouvernement, une somme annuelle de 372660 francs a été votée à cet effet.

On compte aussi employer le système Poulsen à la Nouvelle-Zélande et en Australie. F. L.

Une tour de 500 m pour la télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 14 novembre.) — M. l'ingénieur F. Czech et l'architecte F. Paetz ont établi les plans pour la construction d'une tour de 500 m de hauteur qui formera une des parties principales de l'ornementation d'un pont sur le Rhin, à Dusseldorf. Cette tour sera utilisée pour la télégraphie sans fil, pour des observations météorologiques et sera un point de direction pour la navigation aérienne.

Distinctions honorifiques. — ORDRE NATIONAL DE LA LÉGION D'HONNEUR. — Parmi les récentes nominations au grade d'officier nous sommes heureux d'enregistrer celle de M. MONMERQUÉ, inspecteur général des Services de Contrôle des distributions d'énergie électriques. D'autre part, ont été promus chevaliers, M. CHAUVIN, le constructeur d'appareils de mesures électriques, associé de la maison Chauvin et Arnoux, M. MAZEN, ingénieur en chef des Services électriques aux Chemins de fer de l'État, que ses travaux sur la traction électrique ont universellement fait connaître. M. LEPRINCE-RINGUET, ingénieur en chef des Mines; M. MERCERON, directeur de la Cie Meusienne de Chemins de fer; M. CHARVIN, sous-directeur des Services Téléphoniques de Paris.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Auvillar (Tarn-et-Garonne). — *Concession.* — M. Bavoisé, ingénieur-électricien, a été nommé concessionnaire des travaux d'installation de l'électricité.

Auzon (Haute-Loire). — *Éclairage électrique.* — Le conseil municipal a accordé à la Compagnie Omnium général d'Électricité, dont le siège est à Lempdes (Haute-Loire), le monopole de l'éclairage électrique dans la commune.

Beaucaire (Rhône). — *Station centrale.* — Le conseil municipal a accordé la concession de la distribution d'énergie électrique à la Compagnie l'Union des Gaz et a rejeté la demande de M. Bourgues, industriel à Toulouse, auteur d'un autre projet.

Brioude (Haute-Loire). — *Concession à accorder.* — Une commission municipale a été nommée, chargée d'étudier les différents projets d'éclairage et de distribution de force motrice déposés à la mairie.

Châlons-sur-Marne (Marne). — *Concours.* — La ville de Châlons-sur-Marne met au concours l'installation d'une pompe à commande électrique dans le deuxième puits foré établi près de l'usine des eaux.

Date de production des projets : 1er mars 1913. Demander le programme-concours à la mairie.

Givonne (Ardennes). — *Éclairage.* — La municipalité a accepté les propositions de la Compagnie de l'Est Électrique concernant la fourniture de l'éclairage.

Rioupéroux (Isère). — *Usine électrique.* — Il est question de transformer les papeteries de Rioupéroux en une usine électrique.

Sabres (Landes). — *Éclairage.* — La municipalité a voté le principe d'une concession pour l'éclairage électrique à MM. Dublanc, Duboscq et Cie.

Saint-Genou (Indre). — *Concession.* — Le conseil municipal a accordé à la Société Générale d'installations, à Paris, la concession d'une distribution d'énergie électrique dans la commune.

Saint-Romain-le-Puy (Loire). — *Éclairage.* — C'est la Société des Forces motrices du Lignon qui est acceptée comme concessionnaire de l'éclairage électrique.

Saint-Florent (Cher). — *Éclairage.* — La municipalité a accordé la concession de l'éclairage électrique à la Société le Centre Électrique.

Toulouse. — *Traction électrique.* — Une enquête est ouverte sur le projet d'installation d'une ligne de tramways électriques.

NÉCROLOGIE

M. CAILLETET

Nos lecteurs ont appris par les journaux quotidiens la mort de M. Cailletet, membre de l'Institut et président de l'Aéro-Club de France.

M. Cailletet était né le 21 septembre 1832, à Châtillon-sur-Seine, et avait été l'un des plus brillants élèves de l'École supérieure des mines. Bientôt, l'industrie l'attirait, et il s'y consacrait tout en poursuivant dans la physique une série de travaux qui ont rendu son nom célèbre en France et à l'étranger.

Le premier, M. Cailletet eut la gloire de liquéfier les gaz et son nom est resté plus particulièrement attaché à la liquéfaction des gaz dits permanents. C'est lui qui montra l'influence du point critique, et par le refroidissement brusque, provoqué par la détente du gaz comprimé sous une haute pression, il arriva le premier à liquéfier successivement l'oxygène et l'hydrogène, puis l'azote. M. Cailletet s'occupa, fort longuement, de la physique de l'atmosphère, et c'est ainsi que le savant fut amené à jeter les yeux sur la locomotion aérienne.

Il avait été nommé, en 1884, membre libre de l'Académie des sciences, en remplacement du comte du Moncel. Il devenait ensuite président de l'Aéro-Club de France, en 1900.

EXTRACTION DE L'AZOTE DE L'AIR
AU MOYEN
DE L'ARC ÉLECTRIQUE

Le salpêtre dont, l'emploi comme engrais, en agriculture, augmente de plus en plus, provient du Chili et du

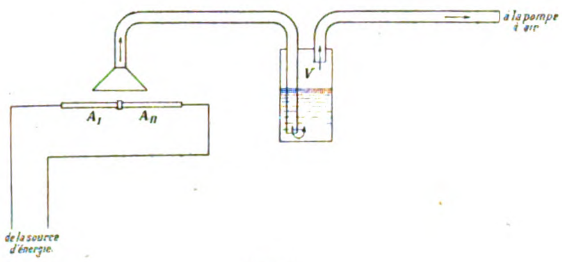


Fig. 1.

Pérou, où il se trouve en bancs énormes mélangé à du sel marin. On exporte du Chili de 1,8 à 2 millions de tonnes par an, et, comme on estimait les gisements de nitrate à 100 millions de tonnes en 1905, il est certain qu'ils seront épuisés dans un assez bref délai.

Le nitrate de sodium, qui nous vient du Chili [1], peut

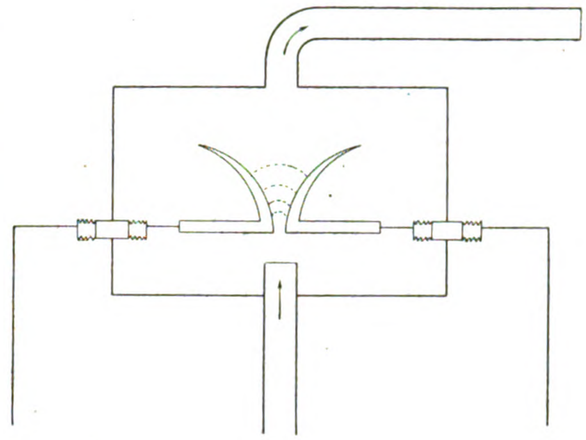


Fig. 2.

être avantageusement remplacé dans l'agriculture par le nitrate de calcium, que l'on peut fabriquer à bon marché au moyen de l'arc électrique.

En présence de l'arc électrique l'azote de l'air peut se

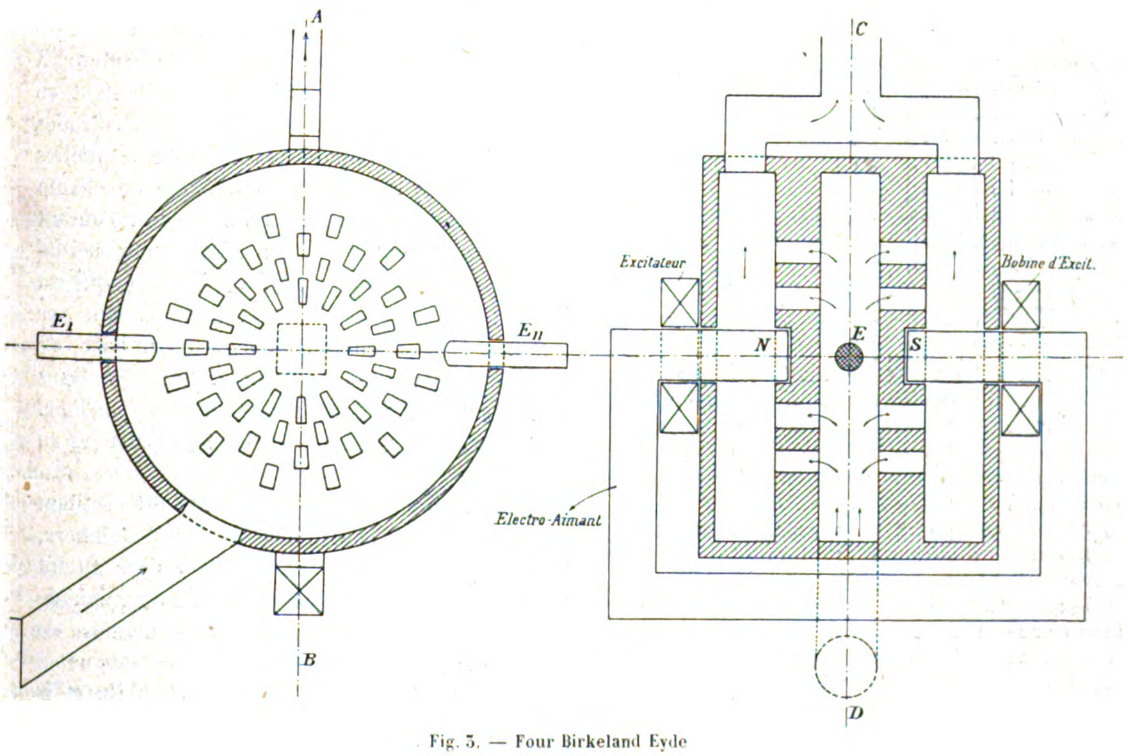


Fig. 3. — Four Birkeland Eyde

transformer en bioxyde d'azote (AzO); d'après Nernst, plus la température est élevée, plus il s'en produit, comme le montre le tableau ci-dessous qu'il a dressé :

Température en degrés C.	Azote transformé en pour 100.
1500	0,1
2403	1,5
3327	5

Le protoxyde d'azote se forme dans la partie la plus chaude de l'arc, mais il s'y décompose également d'autant plus vite que la température est plus élevée, et tout le secret de la fabrication consiste à empêcher autant

[1] D'après une conférence faite par M. J. Ruy à l'Union technique suisse de Paris.

que possible la décomposition du protoxyde formé par un refroidissement rapide.

On peut facilement se rendre compte que, quand de l'air atmosphérique vient en contact avec un arc électrique, il se forme une certaine quantité de produit nitré; on aspire au moyen d'une pompe de l'air qui a passé sur un arc jaillissant entre 2 électrodes A_1 et A_2 (fig. 1) et on l'envoie dans une solution de teinture de tournesol. En faisant fonctionner la pompe sans amorcer l'arc, la couleur du liquide ne change pas; aussitôt que l'arc est amorcé, la solution se colore en rouge, preuve que les gaz ayant passé sur l'arc contiennent des acides qui ne peuvent provenir que de la combinaison de l'azote et de l'oxygène.

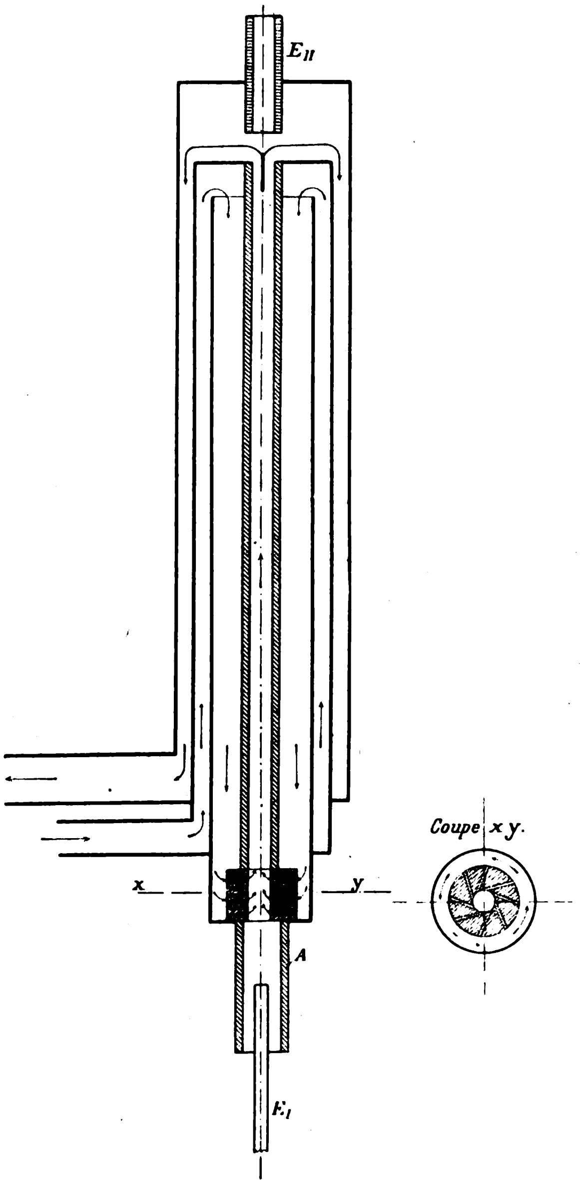


Fig. 4. — Four Schönherr.

Le dispositif de la figure 1 ne pourrait être employé en pratique, la quantité de produit nitré est trop minime; si l'on voulait l'augmenter en faisant croître la vitesse de l'air, l'arc serait soufflé.

Le dispositif de la figure 2 avec une ou deux paires de cornes, semblables à celles du parafoudre Siemens, est déjà plus pratique, la distance explosive de l'arc peut être réglée par exemple pour qu'il s'amorce à 1000 volts, et aussitôt qu'il est soufflé par l'air le long des cornes, il s'en forme un autre.

Ce four, quoique donnant déjà des résultats pratiques, ne pourrait être utilisé dans l'industrie salpêtrière, où les appareils doivent être puissants et exiger peu de frais d'installation.

Parmi les nombreux fours qui existent, deux satisfont le mieux à ces désidérata, ce sont celui de Birkeland-Eyde et celui de Schönherr (de la Badische Anilin und Soda-fabrik). Des fours Birkeland Eyde de 4000 kw sont en service, et on en construit actuellement à Notodden (Norvège) un de 6000 kw; le four Schönherr a une puissance de 1200 kw. Comme on n'est pas encore fixé sur les avantages et les inconvénients respectifs des deux systèmes de four, on les emploie tous les deux à la fabrique de salpêtre desservie par l'usine de Rjukan décrite dans *L'Industrie électrique* du 10 janvier.

La figure 5 donne la vue schématique d'un four Birkeland-Eyde, qui a la forme extérieure d'un cylindre d'environ 5 m de diamètre et 1,5 m de hauteur. A l'intérieur du four, muni d'un revêtement en terre réfractaire, se trouvent deux électrodes diamétralement opposées E_1 et E_2 entre lesquelles éclate l'arc; celui-ci est soufflé par un champ magnétique horizontal excité par du courant continu, de sorte qu'il en résulte une oscillation suivant la périodicité du courant, qui est à la fréquence de 50 p:sec. L'air passant par le four est pour ainsi dire fouetté par l'arc, de sorte qu'il y a contact intime. Sur le croquis des flèches indiquent le chemin suivi par l'air. L'allumage se fait en amenant les électrodes au contact.



Fig. 5.

Tandis que dans ce four, l'arc est oscillant et relativement court, dans le four Schönherr, il est stable et long; avec 4000 v l'arc atteint déjà, dans le four Schönherr, une longueur de 8 à 8,5 m. Il a la forme d'un cylindre de 0,8 m de diamètre et 8 à 10 m de longueur. L'électrode inférieure (fig. 4) est mobile et isolée, tandis que l'électrode supérieure E_2 est formée par un tube refroidi par un courant d'eau; cette électrode, ainsi que l'armature métallique du four, est mise à la terre. Le chemin suivi par l'air est indiqué par des flèches; celui-ci est amené dans le bas du four par un cylindre en fonte dans lequel les trous de passage sont disposés tangentiellement, de sorte qu'il prend un mouvement de rotation et monte en décrivant une hélice autour de l'arc.

L'allumage se fait très rapidement et d'une manière originale; par le trou d'allumage A, on introduit une

longue tige de bois autour de laquelle est enroulé un fil de fer (fig. 5). Ce fil de fer met en court-circuit les deux électrodes, brûle, et l'arc est amorcé.

La figure 6 donne le schéma des dispositions d'une usine à nitrate. Les gaz qui sortent des fours F sont à une température de 800 à 1000°; ils passent d'abord dans des chaudières tubulaires auxquelles ils cèdent une partie de leur chaleur, puis viennent aux réfrigérants R constitués par des tubes d'aluminium refroidis par circulation d'eau. Du réfrigérant, les gaz passent dans les chambres d'oxydation, grands cylindres en fer, dont les parois intérieures sont revêtues de maçonnerie résistant aux acides. Dans ces chambres les gaz ont une vitesse très réduite et le bioxyde d'azote AzO se combine avec l'oxygène en excès pour former du peroxyde d'azote AzO^2.

Les gaz passent ensuite dans les tours d'absorption où le bioxyde d'azote se combine avec de l'eau pour former de l'acide nitrique. Ces tours en granit de 25 m de hauteur et de 6 à 8 m de diamètre, sont remplies de morceaux de quartz sur lesquels ruisselle de l'eau, de sorte qu'il y a contact intime entre l'eau et le gaz (à Rjukan, il y a 8 séries comprenant 6 tours chacune).

L'eau arrivant par le haut de la tour n° 4, absorbe d'abord la plus grande partie du bioxyde d'azote, est repompée au haut de la tour n° 3, puis ensuite des tours 2 et 1. L'eau qui sort de la dernière tour contient environ 30 à 35 pour 100 en volume d'acide nitrique, produit par l'absorption du bioxyde.

Dans les tours 5 et 6, qui sont en fer, les gaz rencontrent de l'eau chargée de carbonate de sodium qui absorbe la plus grande partie du bioxyde restant: dans l'ensemble des tours d'absorption, environ 97 pour 100 des gaz nitreux sont retenus.

La solution d'acide nitrique provenant des 4 premières tours est recueillie dans

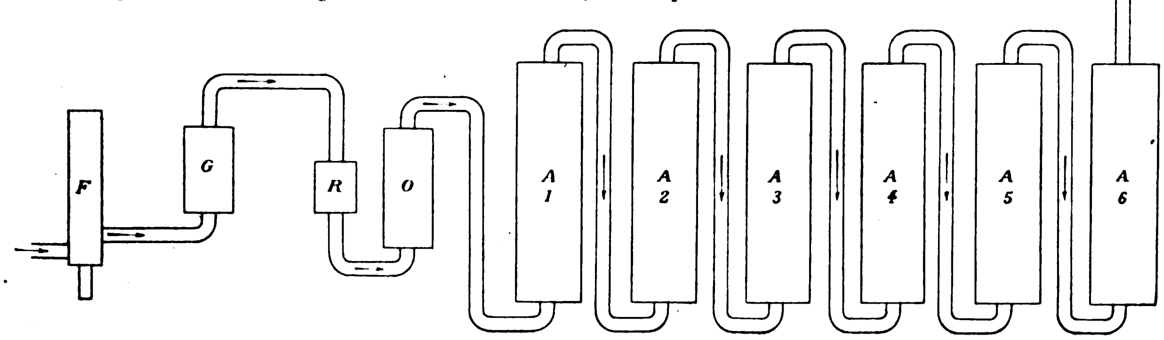


Fig. 6.

des réservoirs de granit et envoyée dans des bacs, également en granit, remplis de pierre à chaux; il y a formation de nitrate de calcium avec une grande effervescence.

La solution de nitrate ayant un peu d'acide nitrique en excès passe dans des petites tours remplies de poudre de chaux, est ensuite envoyée dans les appareils d'évaporation dans le vide, chauffés par la vapeur provenant des chaudières mentionnées ci-dessus. La concentration est poussée jusqu'à ce que la densité de la solution corresponde à une contenance de 13 pour 100 d'azote.

La solution est ensuite envoyée aux chambres de solidification où elle est projetée sur un cylindre de fer tournant qui est refroidi à l'intérieur; elle se solidifie instantanément et les morceaux sont facilement réduits en grains et envoyés par un élévateur aux chambres de paquetage où ils sont mis dans des barils d'une contenance de 100 kg.

La solution de nitrate et nitrite de sodium qui sort des tours 5 et 6 est concentrée dans le vide; après cristallisation, le nitrate est séché dans des essoreuses et mis en tonneaux.

Production. — Lors des essais à une charge de 85000 kw à la station centrale de Rjukan, la production de l'usine a été environ : 120 tonnes de salpêtre et 22 tonnes de nitrite et nitrate de sodium par 24 heures, c'est-à-dire de 0,07 kg de produits nitrés par kw-h.

Par kw et par an, l'énergie étant de $365 \times 24 = 8760$ kw-h, la production sera de : $8760 \times 0{,}07 = 613{,}2$ kg.

Le prix moyen de vente des nitrates en Norvège étant de 130 couronnes (180 fr environ la tonne), la recette par kw-an sera de 110 francs.

La perte due à l'arrêt pendant une heure d'un des groupes de 10000 kw de l'usine de Rjukan sera de 126 fr, car le prix des matières premières est insignifiant.

Vu la faible production par kw-h, il n'est avantageux de fabriquer des nitrates que quand l'énergie est à très bon marché, c'est-à-dire qu'on devra installer les usines là où les chutes d'eau peuvent être facilement aménagées.

F. L.

LES ATELIERS DE RÉPARATION

D'UNE

ENTREPRISE DE TRACTION ÉLECTRIQUE

La remise en état du matériel d'une entreprise de traction électrique est un des points délicats d'une exploitation bien comprise. Aussi il nous a paru intéressant de

décrire avec quelques détails l'atelier de réparation d'une grande compagnie américaine; nous prendrons comme exemple celle des tramways de Cincinnati [1].

Équipements et méthodes utilisés pour les bobinages. — Le service de bobinage des induits et inducteurs de moteurs de la Compagnie de traction de Cincinnati a une organisation aussi complète que celle de n'importe quelle autre compagnie américaine. En raison des conditions difficiles dans lesquelles fonctionnent ses moteurs, il était indispensable d'être en mesure de répondre aux pires circonstances qui peuvent se présenter. Ainsi qu'on le sait, la ville de Cincinnati est construite sur les rives escarpées de la rivière Ohio, et pratiquement les tramways circulent entre la partie basse, plus spécialement réservée aux maisons d'affaires, et la partie haute, où se trouvent les résidences. Dans différents points les pentes sont telles que l'on a dû recourir à la traction directe par câbles. Présentement la compagnie de traction de Cincinnati utilise normalement 850 voitures et en possède 1450 répondant aux divers besoins.

L'atelier spécial de réparations pour les moteurs est construit à part, il couvre une superficie de 13 mètres sur 26. Ses murs sont en pierres calcaires brutes, le toit est en bois.

L'éclairage se fait par de vastes baies et de grandes parties vitrées de la toiture; en blanchissant les murs on a obtenu non seulement une répartition meilleure de la lumière, mais aussi le bâtiment se trouve plus à l'abri des dangers d'incendie et dans de meilleures conditions sanitaires. Le sol est bétonné et des planchers ont été placés devant chaque banc et chaque machine où des ouvriers se trouvent occupés continuellement.

L'atelier est divisé en cinq sections, correspondant au genre de travail que l'on y effectue, mais seuls, le bobinage des inducteurs et la réparation des rideaux, ont été séparés des autres par une cloison en bois qui forme une pièce d'environ 8 m sur 10 m. Les autres sections sont de simples divisions superficielles réservées au bobinage des induits, aux réparations, à l'imprégnation et l'étuvage, aux essais des induits et des inducteurs et au magasinage des pièces à réparer. L'atelier est desservi par un pont roulant qui comprend 2 dispositifs de levage de 2 tonnes chaque.

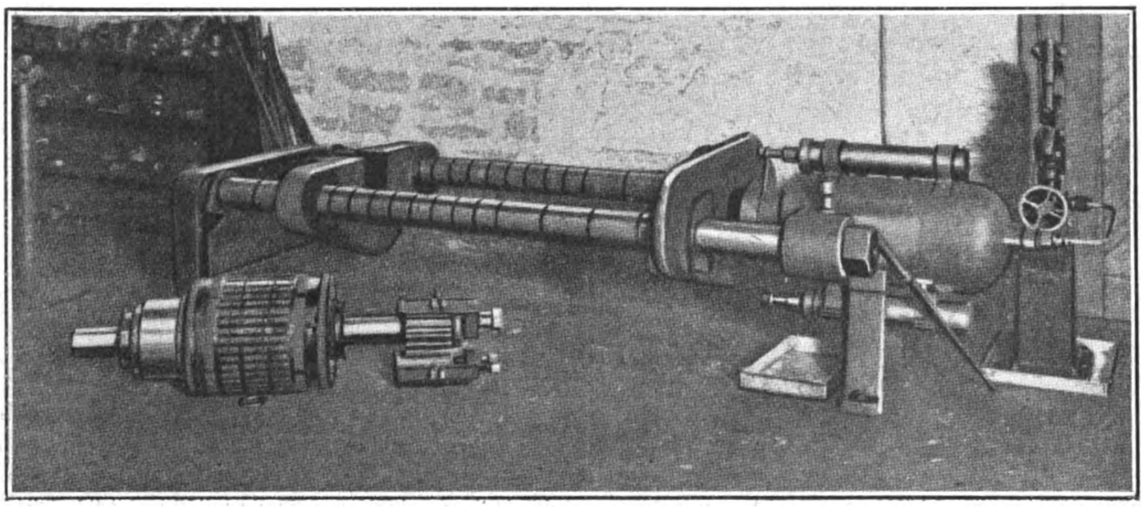


Fig. 1. — Presse à démonter les induits.

Atelier de réparation des induits. — Cet atelier comprend dans son outillage une presse hydraulique (fig. 1) de 50 tonnes que l'on utilise pour démonter les induits et les engrenages de leur arbre. La presse est disposée de façon à pouvoir opérer sur n'importe quel type d'induit. Les deux colonnes qui relient la plateforme du piston au sommier opposé ont été encochés sur toute leur longueur, afin de permettre la pose d'un sommier amovible en forme de fer à cheval que l'on place à la distance voulue de la plateforme du piston. La presse fonctionne avec une pompe à main et le retour rapide en est assuré par l'air comprimé qui agit pour faire retourner l'huile du cylindre dans le réservoir. L'air comprimé est fourni par une conduite qui le distribue dans les différentes sections sous une pression de 8 à 9 atmosphères.

Dans la section du bobinage des induits un long établi s'étend le long du mur, on y a installé un certain nombre de gabarits spéciaux qui permettent l'emploi de quatre hommes (fig. 2). Ces gabarits sont supportés par un pied métallique d'une hauteur suffisante pour mettre le travail à la portée de l'ouvrier. La partie supérieure comprend une paire de rouleaux sur lesquels la monture de l'induit peut être posée, rendant ainsi facile de tourner la pièce pendant le bobinage. Une tablette de 80 cm^2 environ est ajoutée à chaque pied, elle sert à poser les outils ou les bobines.

Du côté opposé de l'aile réservée au bobinage, un long

(1) *Electric Railway Journal* du 17 avril 1912.

établi est disposé pour l'essai des bobines. Les bobines de champ sont essayées en court-circuit et, si on les trouve défectueuses, sont reportées pour être rebobinées et réisolées. Dans le milieu de l'aile se trouve une forge composée

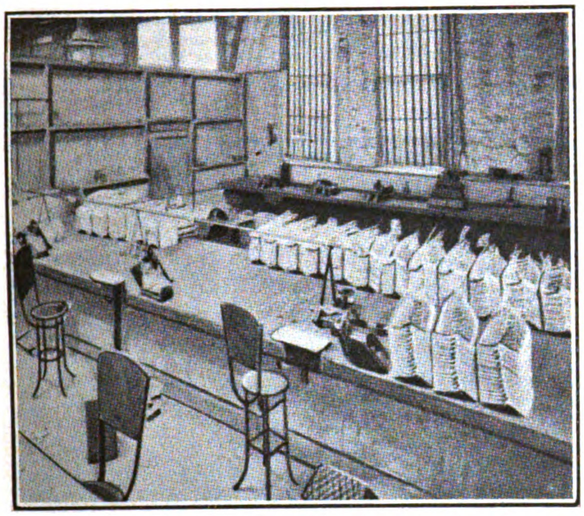


Fig 2. — Atelier de bobinage des induits.

de 2 fours à chauffer les pièces en fer et un cubilot pour fondre les résidus.

Un circuit d'essai est allongé devant l'établi des bobineurs. Des prises de courant avec lampes sont installées à des intervalles très rapprochés.

Chaque bobineur dispose d'un câble à 2 conducteurs, flexible, avec deux contacts utilisables pour vérifier les courts-circuits sur les barres des collecteurs. Deux tours sont compris dans l'outillage et utilisés pour tourner les collecteurs et fretter les induits, ils sont mus d'ailleurs par deux moteurs branchés sur le circuit général.

L'atelier de bobinage des induits emploie constamment quatre spécialistes qui, par journée de huit heures, assurent une remise en état, suffisante pour les 850 voitures.

Si l'on considère les conditions de fonctionnement imposées aux trams de Cincinnati, on voit que d'excellents services sont rendus par les induits réparés, qui sont d'ailleurs soumis à un contrôle très rigide.

Les bobiniers essayent les induits avant de les renvoyer en magasin, et l'ingénieur les vérifie par un essai final. On soumet tous les nouveaux appareils à une tension de 2500 volts et tous ceux réparés à 1500 volts.

Toutes les réparations d'induit sont faites à prix forfaitaire et la compagnie exige un fonctionnement minimum de dix-neuf jours avant paiement, sans quoi la réparation est faite par le bobinier mais cette fois sans salaire. Tous les induits après rebobinage sont trempés dans un réservoir rempli d'un composé plastique et isolant puis passés à l'étuve jusqu'à complet séchage.

Atelier de bobinage des inducteurs. — L'outillage dans cet atelier se compose de 3 machines à guiper qui peuvent être utilisées pour n'importe quelles bobines, elles sont mues par une transmission disposée sous la table et couvertes par une protection métallique. La mise en marche et l'arrêt sont commandés par l'opérateur avec

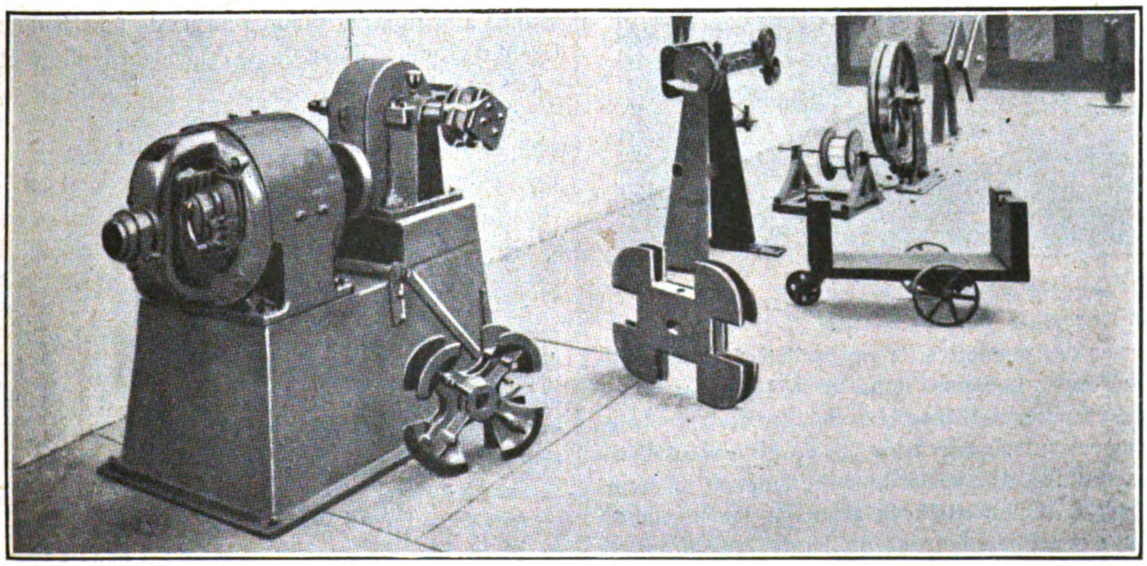


Fig. 3. — Atelier de bobinage des inducteurs.

un embrayage à friction. Du côté opposé de l'établi, se trouve un bobinoir placé sur la même transmission. Cet appareil sert pour toutes les formes d'inducteur (fig. 3) et se trouve commandé également par un dispositif à friction.

Les presses, chauffées à la vapeur, ont été placées sur un établi le long du mur dans cet atelier. Trois d'entre elles sont actionnées à bras au moyen de vis de pression et l'autre par de l'air comprimé à 8 kg dont le débit est régularisé par un robinet à pointeau.

L'ouvrage effectué dans cet atelier comprend aussi le nettoyage et la remise en état des rideaux. Chaque voiture amenée à l'atelier pour des réparations d'ensemble, est visitée, ses rideaux nettoyés, réparés ou changés. L'étoffe utilisée pour les voitures ouvertes ou celle employée dans les voitures fermées est achetée en gros. Deux machines à coudre mécaniques sont utilisées à leur confection.

Le personnel utilisé dans l'atelier de bobinage des inducteurs se compose de quatre jeunes filles et d'un homme. Les femmes sont occupées au guipage, au bobinage et à piquer les rideaux. La production journalière pour 8 heures de présence est d'environ 120 bobines de toutes dimensions.

Atelier d'imprégnation et d'étuvage. — Le matériel pour imprégner et sécher a été fourni, le premier, par la « Buffalo Foundry et Machines », et le second a été conçu par la Compagnie elle-même; il couvre une surface de 6 à 7 m² environ (2,50 m × 2,50 m); il est construit avec des murs en briques et la partie supérieure avec un mortier spécial; il y a deux portes équilibrées. Il est

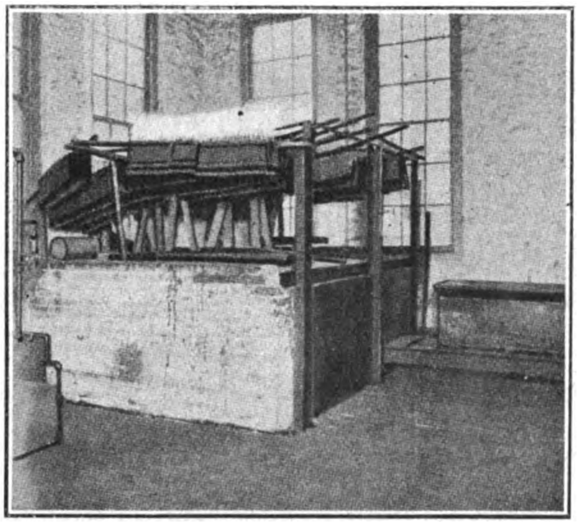


Fig. 4. — Machine à imprégner.

chauffé par des conduites de vapeur fixées le long des murs de l'étuve. Lorsque l'induit a été imprégné, il est retrempé et passé à l'étuve. Les bobines des inducteurs sont trempées puis séchées trois fois de suite avant d'être remises en usage. Afin de faciliter le trempage, un réservoir est placé sur un truck en acier que l'on reconduit aisément, sur rail, au four dès qu'il est nécessaire de le réchauffer. Le four n'est d'ailleurs allumé qu'au moment où il y a assez de bobines à imprégner. Lorsque celles-ci sortent du four, on les place sur un séchoir où elles finissent de sécher et se refroidir avant d'être emmagasinées.

Dépouillement de l'isolant, reguipage et rebobinage. — Il n'y a probablement, dans l'atelier de réparation de la Compagnie, aucune machine économisant autant de temps et de main-d'œuvre que celle qui à la fois exécute le dépouillement de l'isolant, le reguipage et le rebobinage. Cette machine fut conçue, dessinée et exécutée par l'atelier de mécanique et prévue pour récupérer les fils de cuivre des bobines court-circuitées. La bobine défectueuse est placée sur un débobinoir, puis on fait faire trois tours au fil sur un tambour à surface légèrement rugueuse pourvu d'un frein à pédale qui, lorsqu'on

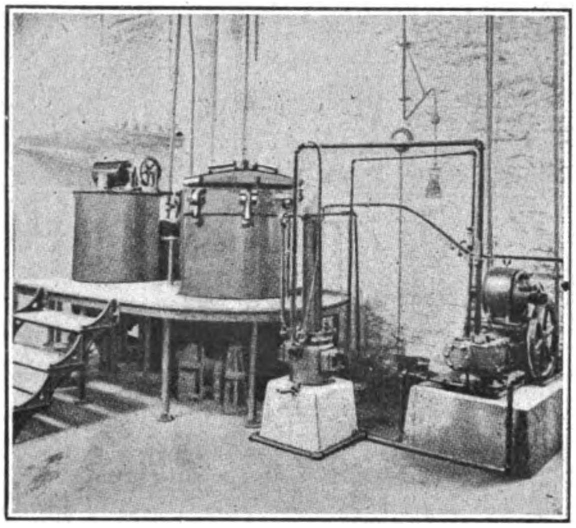


Fig. 5. — Etuves sous pression.

l'utilise, tend le fil pendant qu'il passe dans les machines à réisoler et rebobiner. Dans la machine à dépouiller, le fil passe entre deux rouleaux qui brise l'isolant, puis est soumis à deux arracheurs en forme de fourche qui l'enlèvent. Cette machine reguipe également le fil avant qu'il passe au rebobinage.

Un moteur de 7 poncelets à 550 volts, courant continu, compris dans la machine, fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'ensemble. Un interrupteur et un rhéostat placés contre le mur permettent à l'ouvrier de procéder à la mise en marche et de régler, à différents régimes, la vitesse de l'appareil.

Dispositions en ce qui concerne le travail et son produit. — Comme le travail est payé à la pièce, il a été indispensable d'organiser un contrôle pour déterminer la responsablité de chacun dans chaque lot de bobines remises en état.

Chaque ouvrier est pourvu de petites attaches en laiton portant son numéro. Quand un lot de bobines est terminé on place une de ces petites attaches dans l'isolant de chacune d'elles, et cette marque reste jusqu'au moment où ils reviennent à nouveau en réparation, cela permet de chiffrer la durée de la bobine d'induit. Le contremaître de cet atelier pour les induits est rendu responsable des matières qu'il reçoit des magasins et en donne reçu. Une fiche de travail journalière est remplie par les ouvriers et contrôlée par le contremaître qui en garde un duplicata. La forme suivante est adoptée.

THE CINCINNATI TRACTION COMPANY

Induit N°

NATURE DU TRAVAIL.	TRAVAIL EXÉCUTÉ PAR	DATE.
Inducteur rebobiné		
Isolé.		
Guipé.		
Induit rebobiné . .		
Soudé		
Fretté.		
Essayé.		

Le Contremaître :

Les feuilles de paie sont faites d'après ces fiches après en avoir déduit la valeur qui était attribuée à des bobines ou des travaux qui n'ont pu être acceptés.

Complément des détails de l'atelier général. — Dans une des parties de l'atelier des machines se trouve un espace réservé à la soudure électrique au moyen d'un arc, qui a été prévu et construit par l'atelier de mécanique de la Compagnie.

Le dispositif de soudage comprend une partie de gros câble très bien isolé, terminé par un porte-charbon, et la



Fig. 6. — Atelier de soudure électrique.

table métallique d'une scie circulaire rapide pour métaux sert pour poser les pièces. Ce support a été isolé du sol et relié au câble de retour du circuit. Le câble qui amène le courant est très fortement isolé et sa section est de 400 mm²; suivant le genre de soudure à exécuter, on a d'ailleurs deux sortes de manche. L'ouverture par laquelle on passe le charbon comporte une sorte de bouchon fendu et en pointe, qui est placé dans le manche spécial, le petit côté étant opposé à la partie qui travaille de telle façon que, lorsque le charbon est appuyé sur la partie à souder, il se coince de lui-même dans le manche.

Quatre dimensions différentes de charbon sont employées. Les mains de l'ouvrier sont protégées de la chaleur intense, qui se dégage, par une pièce circulaire placée près de la pince à charbon. Ses yeux et sa figure sont protégés par un casque muni de lunettes vertes absorbant la lumière susceptible de les blesser ou de les incommoder (fig. 6).

Afin de ne pas gêner les autres ouvriers, l'on a disposé autour de la table à souder, sur les trois côtés non utilisés par l'ouvrier, des écrans métalliques de protection. Le courant est fourni sous une tension de 90 volts et avec un débit de 500 ampères, le rhéostat permet une variation de 50 à 500 ampères et les résistances qui le composent sont mises en circuit au moyen de 10 interrupteurs à couteaux permettant de couper le courant par fraction de 50 ampères chacun.

Le sens du courant utilisé est tel que le pôle positif est généralement relié à la table, le charbon de l'arc étant le négatif; mais on peut renverser le courant lorsque la surface à souder est susceptible d'être très résistante et ne nécessite pas un usinage ultérieur. Le renversement du courant augmente la quantité de particules de charbon déposées sur la partie de fer à souder ainsi que dans celle utilisée pour la soudure, augmentant ainsi la dureté du métal fondu.

Lorsque l'on a de grandes surfaces à souder, ce qui est le cas des carters de moteurs, des châssis, des gros axes, des arbres, un chauffage auxiliaire à gaz est employé, afin de diminuer la quantité de courant nécessaire pour porter le métal à la température du rouge vif. L'appareil de chauffage au gaz consiste en une sorte de T formé de tubes munis de robinets sur les deux parties de tête par lesquelles se font les arrivées d'air et de gaz, le troisième servant à effectuer le mélange et comme brûleur.

L'ensemble forme un bec Bunsen dans lequel un réglage approprié de l'air et du gaz permet d'obtenir une flamme aussi chaude que possible.

L'atelier de soudure est desservi par une grue de 2 tonnes placée au-dessous du pont roulant de 5 tonnes qui dessert le hall.

Afin de permettre de juger de ce que l'on fait par la soudure électrique, nous donnerons un bref résumé des travaux exécutés.

On ressoude de toutes manières des bâtis de moteurs, des carters de changement de vitesse et des châssis de voitures. Des arbres et des axes sont renforcés afin d'être retournés aux dimensions nécessaires. La soudure des axes ne se fait que lorsque la cassure est à une distance maximum de 10 cm d'une extrémité, cependant l'on a soudé des axes à 20 cm d'une extrémité, sans avoir eu à constater ultérieurement, au même endroit, de rupture.

La soudure électrique a été commencée par un simple ouvrier électricien, qui bientôt acquit une réelle compétence; mais afin de pouvoir de temps en temps le sup-

pléer, un certain nombre d'autres ouvriers ont appris à le faire.

La lumière intense et la chaleur dégagée ont une action pernicieuse sur les yeux ou sur la peau lorsqu'ils y sont directement soumis, les ouvriers doivent en tenir compte et devenir capables de l'éviter.

Pour souder un gros axe ou une carcasse de moteur brisée il faut environ trois heures à trois heures et demie.

Carters en tôle d'acier. — La Compagnie de traction de Cincinnati a maintenant unifié le type de ses carters et les fabrique elle-même avec de la tôle d'acier; l'unification a été réalisée au moyen d'un gabarit disposé pour être utilisé avec n'importe quel moteur.

L'on peut voir dans une figure ci-jointe le gabarit et la machine utilisés pour courber les tôles nécessaires. Le carter est mis en forme et rivé, et tous les joints sont soudés électriquement. Les statistiques montrent l'indéniable supériorité des carters rigides et soudés sur les carters ordinaires non rigides. Des carters en tôle d'acier mis en service depuis plus de deux ans, aucun ne s'est brisé, soit par chocs, soit par rupture dans les parties soudées.

Mise en place des roues et engrenages. — Le contremaître de l'atelier des machines a eu de grosses difficultés avant de parvenir à ce que ses ouvriers sachent mettre en place exactement l'engrenage et les roues sur leur axe. L'engrenage était encore placé correctement,

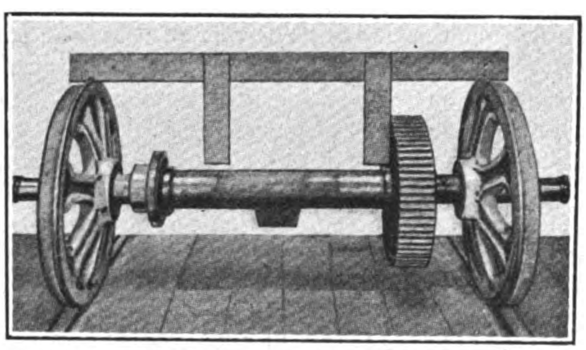


Fig. 7. — Mise en place des roues et engrenages.

mais en posant les roues, les distances à respecter entre elles et l'engrenage ne se trouvaient plus observées. Un calibre spécial (fig. 7) a été fait pour chaque châssis en usage, ils sont en bois, légers et en même temps bon marché; ils portent imprimé le genre de voiture auquel ils se rapportent, et depuis que des ouvriers se rendent compte que l'on peut aisément vérifier leur travail, ils apportent un soin beaucoup plus grand dans son exécution.

Mâchoire spéciale pour sortir de l'arbre les pignons. — La Compagnie a également fait étudier et exécuter par son atelier de mécanique un dispositif en acier fondu pour retirer les pignons des arbres. Il consiste en deux pièces en forme de coquille cylindrique avec un rebord à une des extrémités, rebord qui vient appuyer sur le pignon lorsqu'on procède à son déplacement. L'autre côté est solidement renforcé, afin de permettre de disposer du serrage des écrous, avec un grand nombre de filets, sur un épanouissement disposé à l'extrémité de l'arbre de l'induit. L'ensemble pèse moins de 5 kg et est suffisamment solide pour permettre l'enlèvement de n'importe quel engrenage.

Roulements et coussinets en fonte. — Des coussinets en fonte ont été employés depuis plusieurs années et donnent des résultats excellents. N'importe quel lubréfiant peut être utilisé et l'on n'a jamais besoin d'un retaillage.

Récemment la Compagnie a essayé de placer aux extrémités des arbres d'induits des fourreaux en fonte dès qu'ils rentraient à l'atelier pour réparations, remplaçant les parties frottantes en bronze par de la fonte et utilisant comme surfaces de frottement la fonte sur fonte. Le fourreau est serré sur l'arbre et supprime l'anneau de protection des poussières. N'importe quel lubréfiant peut être utilisé et le fait qu'aucune trace d'usure n'a pu être décelée après huit mois de services démontre que la durée en sera considérablement augmentée en comparaison de celle obtenue par les coussinets habituels en bronze et que la dépense d'huile sera très réduite. Le fait que la fonte supprime le retaillage et la différence de coût avec le bronze, réduit aussi le prix d'achat et d'entretien.

Graisseur capillaire. — Lorsque l'on substitue aux graisseurs ordinaires les graisseurs capillaires dont nous donnons un modèle, on économise une quantité importante d'huile et les échauffements deviennent pratiquement inconnus. Le graisseur capillaire consiste en une enveloppe de fonte grise dont la coupe ci-jointe (fig. 8) donne le détail. On remplit le réservoir d'huile et la mèche est faite de la meilleure laine cardée, l'extrémité de la mèche plongeant dans le réservoir est lestée par un plomb et l'autre bout est forcé dans le canal alimenteur jusqu'à la surface à graisser au moyen d'une petite pièce de fil de cuivre tordue. Le conducteur de cuivre ajoute son action de conducteur calorifique entre la surface graissée et l'huile, rendant impossible le figeage de l'huile dans la mèche ou dans le conduit. On voit bien par ces quelques détails combien les Américains sont gens pratiques et avec quelle facilité ils savent organiser la remise en état d'un matériel aussi important que celui d'une exploitation publique.

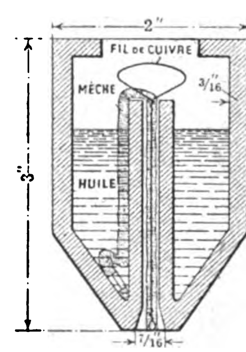


Fig. 8. — Graisseur capillaire.

R. RAYMOND.

CALCUL DE LA PERTE PAR EFFET « CORONA »

DANS LES

CANALISATIONS À HAUTE TENSION [1]

Si l'on augmente la différence de potentiel alternative entre deux conducteurs parallèles, isolés l'un de l'autre, il se produit, pour une tension déterminée, autour de chacun des conducteurs une lueur bleuâtre visible dans l'obscurité et à laquelle Steinmetz a donné le nom de « Corona ». L'apparition de cette lueur est accompagnée d'une production notable d'ozone et d'une perte d'énergie. Nous appellerons tension critique U_0 la tension pour laquelle commence à se manifester ce phénomène.

Tant que la tension entre les conducteurs est inférieure à la tension critique, le système se comporte comme une simple capacité et il n'y a pas de perte d'énergie autre que celle fournie par effet Joule. Si, au contraire, à un certain moment de la période la différence de potentiel entre les conducteurs dépasse la tension critique, il se produit, grâce à la présence des ions naturels de l'air, une gaine conductrice autour des fils. L'épaisseur de cette couche varie deux fois pendant la période de 0 à une valeur maxima dépendant de la tension. Cette variation entraine celle de la capacité du système, et au courant réactif de capacité se superpose un courant actif correspondant à une dissipation d'énergie.

L'intensité du champ électrique à la surface du conducteur a pour valeur :

$$h = \frac{4\pi\sigma}{K_0} \qquad (1)$$

σ étant la densité superficielle de la charge et K_0 le pouvoir inducteur spécifique de l'air ($K_0 = 1$).

Soient U la différence de potentiel en kilovolts entre les deux conducteurs, C la capacité totale (en farads) de la ligne constituée par deux conducteurs de diamètre d et de longueur l en centimètres, on a :

$$\sigma = \frac{CU}{\pi d l} 9 . 10^{11} \text{ kv : cm}$$

et

$$h = \frac{36\,UC}{dl} 10^{11} = \frac{36\,U\gamma}{d} 10^{6} \text{ kv : cm} \qquad (2)$$

γ étant la capacité en farads d'un kilomètre de ligne.

De la relation précédente on tire :

$$U = \frac{hd}{36\gamma} 10^{-6} = 0{,}0278 \frac{hd}{\gamma} 10^{-6}. \qquad (3)$$

Différents expérimentateurs ont cherché la relation existant entre le champ critique h_1 et le diamètre des conducteurs dans le cas d'une tension sinusoïdale. Les résultats sont résumés par les courbes de la figure 1. Les écarts de ces courbes entre elles peuvent s'expliquer en partie par les différentes natures de la surface des conducteurs, en partie par la diversité des procédés d'appré-

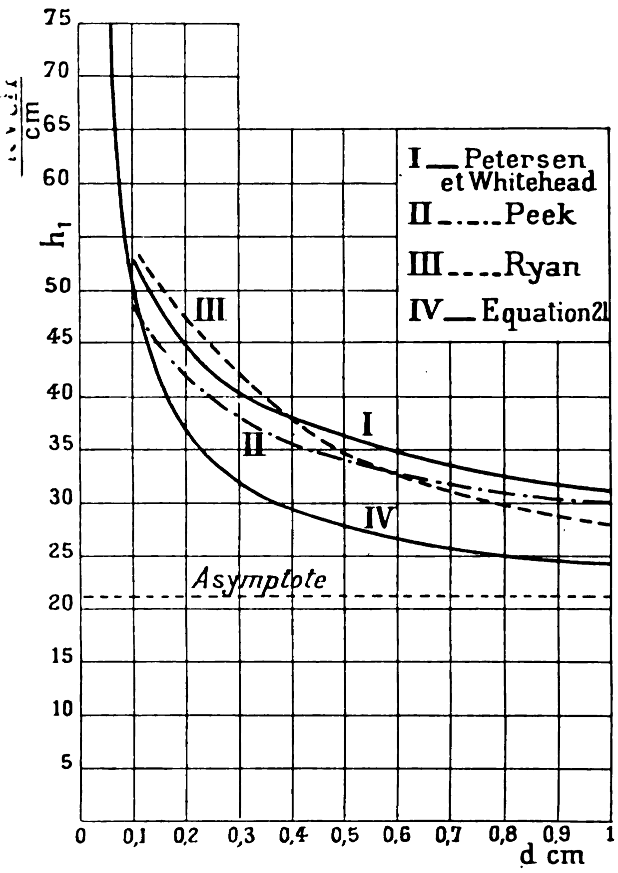


Fig. 1.

ciation de l'apparition de la lueur. La fréquence peut aussi avoir une petite influence.

La courbe I de Petersen pour une hauteur barométrique $H = 76$ cm et une température $t = 20$ degrés centigrades peut être représentée approximativement par l'équation :

$$h_1 = 21 \left[1 + \frac{0{,}5}{\sqrt{d}}\right]. \qquad (4^a)$$

Les points de la courbe I relatifs aux conducteurs de petit rayon, donnés par les expériences de J.-B. Whitehead effectuées avec $H = 76$ cm, $t = 21°$ satisfont à la relation :

$$h_1 = 22{,}61 + \left[\frac{0{,}419}{\sqrt{d}}\right]. \qquad (4^b)$$

Les essais de F.-W. Peek ($H = 76$, $t = 25°$) donnent (courbe II) :

$$h_1 = 21{,}1 \left[1 + \frac{0{,}426}{\sqrt{d}}\right]. \qquad (4^c)$$

La courbe III représente les résultats obtenus par

[1] K. Zickler, *Electrotechnik und Maschinenbau*, t. XXX, nos 37 et 38.

H.-J. Ryan avec $H = 76$, $t = 21°$ et a pour équation :

$$h_1 = 21,4\left[1 + \frac{0,558}{d^{0,7}}\right]. \qquad (4^d)$$

Toutes ces courbes ont la propriété commune de posséder une asymptote ; h_1 tend vers une limite h_0 quand d augmente indéfiniment, h_0 étant compris entre 21 et 22,6 d'après les résultats précédents.

D'une manière générale, on peut représenter toutes ces courbes par la formule

$$h_1 = h_0\left[1 + \frac{a}{\sqrt{d}}\right].$$

Pour $H = 76$ et $t = 20°$ on peut prendre pour h_0 et a les moyennes des quantités obtenues par les divers auteurs et adopter

$$h_1 = 21,2\left[1 + \frac{0,445}{\sqrt{d}}\right]. \qquad (5)$$

Les équations (3) et (5) donnent pour la tension critique

$$U_1 = 0,589\left(1 + \frac{0,445}{\sqrt{d}}\right)\frac{d}{\gamma}\, 10^{-6} \text{ kv eff.} \qquad (6)$$

Des expériences faites à différentes pressions et différentes températures ont montré que la tension critique est proportionnelle à la pression (sauf aux très hautes pressions) et en raison inverse de la température absolue. Il faut donc multiplier l'expression précédente par

$$\frac{H(273 + 20)}{76(273 + t)} = \frac{3,86\, H}{273 + t}.$$

Donc :

$$U_1 = 0,589\; 10^{-6}\,\frac{3,86\,H}{273 + t}\left(1 + \frac{0,445}{\sqrt{d}}\right)\frac{d}{\gamma} \text{ kv eff.} \qquad (7)$$

pour un fil bien poli, de section circulaire. Pratiquement il faudra multiplier le deuxième membre par un coefficient $k < 1$.

Peek prend k compris entre 0,98 et 0,93 pour des conducteurs rugueux ou exposés aux intempéries. Pour un même diamètre extérieur la tension critique est plus petite pour un câble que pour un fil. Peek adopte k compris entre 0,87 et 0,83 pour les câbles à 7 fils. Whitehead a trouvé que la diminution de tension critique pour un même diamètre de câble est d'autant plus grande que le nombre des fils extérieurs du câble est plus petit. Si le câble a 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 fils extérieurs, il faut remplacer d par $d \times 0,71$, 0,78, 0,83, 0,85, 0,87, 0,88, 0,89 dans l'équation (7) en faisant $k = 1$ pour avoir la tension critique exacte.

L'humidité de l'air et le vent sont sans influence sur la valeur de la tension critique et la perte d'énergie. Par contre, la fumée, le brouillard, les fortes pluies et surtout la neige abaissent la tension critique et augmentent la perte d'énergie.

Pour une ligne à courant alternatif simple la capacité par kilomètre en farads est

$$\gamma = \frac{0,0278 . 10^{-}}{\log \frac{2D}{d}} \qquad (8)$$

dans cette formule D, supposé grand par rapport à d, est la distance axiale des deux conducteurs exprimée en centimètres. Si l'on remplace γ par sa valeur dans l'équation (7), on obtient pour la tension critique d'une ligne monophasée

$$U_1 = k \times 21,2\,\frac{3,86\,H}{273 + t}\left(1 + \frac{0,445}{\sqrt{d}}\right) d \log \frac{2D}{d}. \qquad (9)$$

Pour une ligne triphasée dont les trois conducteurs sont les sommets d'un triangle équilatéral de côté D centimètres, la capacité par kilomètre (entre fil et point neutre) :

$$\gamma = \frac{0,0556 . 10^{-6}}{\log \frac{2D}{d}} \qquad (10)$$

qui correspond à une tension de distribution par phase $\frac{U_1}{\sqrt{3}}$.

La tension critique entre deux conducteurs est alors :

$$U_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} k \times 21,2\,\frac{3,86\,H}{273 + t}\left[1 + \frac{0,445}{\sqrt{d}}\right] d \log \frac{2D}{d}. \qquad (11)$$

Nous reviendrons plus loin sur ce sujet de la tension critique. Occupons-nous maintenant de la perte d'énergie par effet corona.

Lorsque la perte par effluves autour des conducteurs nus fut connue et après les expériences quantitatives effectuées par Ch.-F. Scott, à Telluride (Colorado), on estima à une valeur trop grande cette dissipation d'énergie. Aussi vit-on s'accréditer trop vite l'opinion que ce phénomène limiterait les hautes tensions admissibles dans les transports d'énergie. Scott lui-même assigne à cette limite la valeur 40 kilovolts. Plus tard on établit les relations données précédemment entre la tension critique, le diamètre d des conducteurs et leur distance D ; ce qui permit, par le choix judicieux de d et de D d'élever la tension critique à des valeurs supérieures à celles généralement employées.

Depuis longtemps déjà existent, aux États-Unis, une série d'installations à 110000 volts en pleine activité (par exemple celles de la « Ontario Power Co », de la « Colorado Power Co » et de la « Southern Power Co »). Bientôt sera mise en exploitation une installation à 140000 volts utilisant les chutes de Cook du fleuve Au Sable [1] ; la ligne aura 200 kilomètres de longueur. Les trois conducteurs sont constitués par du câble de cuivre formé de sept torons, le diamètre extérieur du câble est d'un centimètre. Les trois conducteurs sont dis-

[1] *Electrical World*, 1912, t. LIX, nos 15 et 16.

posés suivant les sommets d'un triangle isocèle dont les deux côtés égaux ont 5,2 mètres de longueur et le troisième 3,7 mètres. Dans les conditions normales de fonctionnement on ne peut observer aucune lueur la nuit, mais un léger bruit est constamment perceptible; la perte par effet corona a été estimée à 2 kilowatts par kilomètre, soit une perte de 400 kilowatts pour toute la ligne. Lorsque la ligne est à vide, la tension à l'extrémité monte à 190000 volts et la perte totale peut être évaluée à 3000 kw.

Cet exemple montre l'importance que peut prendre la perte d'énergie par effet corona dans les distributions à haute tension.

D'autre part, on a montré que les effluves autour des conducteurs nus constituent une excellente protection contre les surtensions.

Il est donc tout à fait vraisemblable de penser que, par la suite, on utilisera l'effet corona comme moyen de protection contre les surtensions, ce qui réduira les frais d'installation des lignes à haute tension; les dispositifs actuels pourront alors être superflus ou du moins d'un emploi très limité.

Ce qui précède montre la nécessité de posséder une formule permettant de calculer la perte d'énergie par effet corona à partir de grandeurs facilement mesurables.

L'établissement théorique de cette formule est d'ailleurs complètement impossible. Petersen indique dans son ouvrage « *Hochspannungstechnik* » (Technique de la haute tension) la marche à suivre pour l'établissement d'une formule empirique.

Depuis les recherches de Scott déjà citées, d'autres mesures ont été faites par divers expérimentateurs.

Faccioli [1], à la suite d'expériences effectuées sur une ligne de 44 kilomètres entre Denver et Boulder, a proposé la formule suivante :

$$P = c\,(U - U')^2 \qquad (12)$$

dans laquelle P représente la perte de puissance, U la tension de distribution; c et U' sont des constantes. U' représente une certaine tension critique qu'il ne faut pas confondre avec celle précédemment définie U_1.

Si l'on trace une courbe en portant en abscisses les tensions de distribution et en ordonnées les pertes de puissance, on obtient la figure 2. Sur cette courbe on peut distinguer trois parties plus ou moins nettement distinctes. La première partie jusqu'à 1 représente, d'après Ryan, les pertes minimes dues à la faible ionisation naturelle de l'air. La région 1 et 2 est formée par le coude de la courbe; c'est dans cette région que commence à se manifester l'effet corona; dans cette partie se trouve le point G correspondant à la tension critique U_1. A partir de 2 la courbe monte rapidement.

Les différences dans l'ionisation naturelle de l'air modifient la forme des deux premières parties de la courbe et rendent presque impossibles la représentation par une formule des pertes de puissance dans cette région.

Ce n'est qu'au delà de 2 que le phénomène est représenté par la relation quadratique (12).

F. W. Peek, de la General Electric Company, a entre-

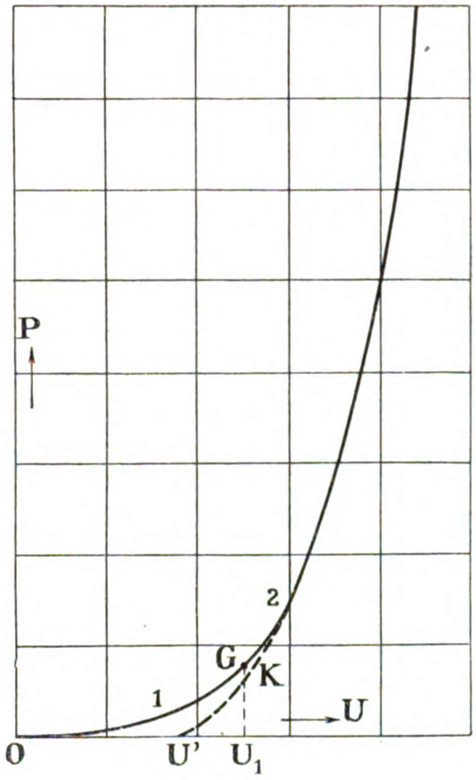


Fig. 2.

pris des recherches étendues à ce sujet d'où il a pu déduire les valeurs des constantes c et U'.

Pour une ligne à courant alternatif simple :

$$c = 86 \cdot 10^{-5}\,\frac{n}{\delta}\sqrt{\frac{d}{2D}} \qquad (13)$$

et

$$U' = k\,h_0\,\delta\,d \log \frac{2D}{d} \text{ kv eff.} \qquad (14)$$

dans ces formules :

n est la fréquence du courant;

$\delta = \dfrac{3{,}86\,H}{273 + t}$;

$h_0 = 21{,}2$;

k a été défini précédemment.

La puissance dissipée par effet corona, en kw, dans un conducteur d'une ligne monophasée, est, par kilomètre :

$$P = 86 \cdot 10^{-5}\,\frac{n}{\delta}\sqrt{\frac{d}{2D}}\left[U - 21{,}2\,k\delta d \log \frac{2D}{d}\right]^2 \qquad (15)$$

la tension U doit être exprimée en kilovolts.

En divisant membre à membre les équations (9) et (14) on obtient :

$$\frac{U_1}{U'} = 1 + \frac{0{,}445}{\sqrt{d}}$$

[1] *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXX, n° 1, p. 113.

ce qui montre que le rapport de U_1 à U' varie en sens inverse de d, c'est-à-dire que pour les fils minces U' est relativement plus faible vis-à-vis de U_1 que pour les gros fils.

Ceci explique l'observation de Peek que pour les petits fils le coude de la courbe expérimentale (fig. 2) coïncide sur une plus grande longueur avec la courbe calculée par la relation (15) que dans le cas de fils de grand diamètre.

On a vérifié l'exactitude de l'équation (15) par des mesures faites avec des câbles de 1,18, 0,955 et 0,585 cm de diamètre et des fils de 0,962, 0,515, 0,328 et 0,051 cm de diamètre, en faisant varier leur écartement et pour différentes valeurs de la température, de la pression atmosphérique et de la fréquence. La longueur totale de conducteur était soit 1095 m (en plusieurs monophasées parallèles) soit 291 m.

Pour un certain nombre de mesures on avait tendu entre les poteaux supportant les conducteurs un fil relié à la terre. La puissance dissipée était mesurée à l'aide d'un wattmètre placé dans le circuit haute tension. Un second wattmètre placé dans le circuit basse tension servait à contrôler les indications du premier. Dans les deux circuits (basse et haute tensions), on pouvait également mesurer les courants et les tensions. Dans le circuit haute tension, le voltmètre était placé en dérivation sur quelques spires voisines du point neutre; c'est aussi sur ces spires qu'était montée la bobine de fil fin du wattmètre.

Les résultats expérimentaux sont d'accord avec ceux fournis par la relation (15) pour des pertes de 1 à 2 kw par kilomètre de conducteur dans un système monophasé.

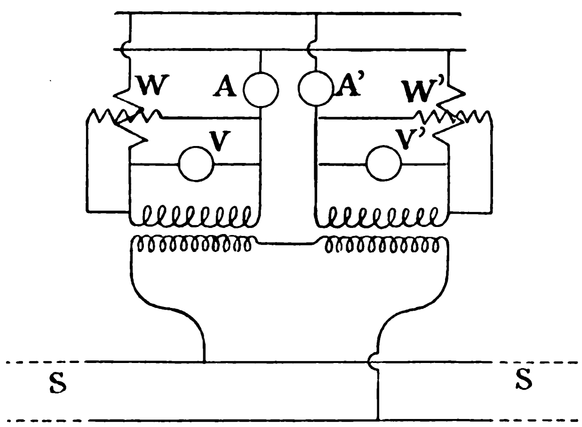


Fig. 3.

Il conviendrait, néanmoins, d'appliquer cette formule dans d'autres circonstances pour se rendre compte de son degré de généralité.

M. K. Zickler, a entrepris, il y a quelque temps, un certain nombre de recherches de laboratoire pour vérifier la formule de Peek.

Il a utilisé les résultats d'expériences précédentes faites par lui sur des fils de cuivre de 0,06, 0,1, 0,2 et 0,38 cm de diamètre à des distances de 20, 30 et 40 cm et qu'il a répétées avec des méthodes plus favorables.

Il a, en outre, recueilli les mesures de Görges, Weiding et Jaensch faites à l'Institut électrotechnique de Dresde sur deux câbles de cuivre à 7 fils de chacun 6 mm² de section (diamètre extérieur du câble $d = 0,85$). Ces câbles longs de 25 m étaient placés à des distances de 50, 100, 125 et 175 cm l'un de l'autre.

Les résultats de ces mesures sont résumés dans des courbes publiées dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1911, page 107 et donnant la puissance dissipée.

M. K. Zickler a fait ses essais sur des câbles de 5 m de long aux distances indiquées précédemment. Les câbles étaient tendus l'un au-dessus de l'autre.

Aux extrémités des fils étaient soudées de petites boules métalliques fixées à des cordons S recouverts de paraffine (fig. 3); ces cordons étaient attachés à un châssis en bois. Les câbles étaient ainsi bien isolés et tendus paral-

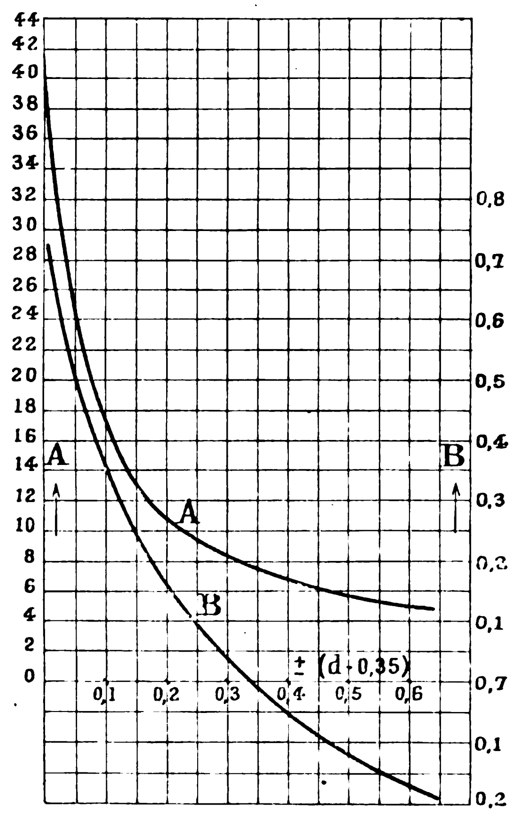


Fig. 4.

lèlement. Entre ces câbles on établissait une différence de potentiel alternative fournie par deux transformateurs dont les primaires étaient en parallèle et les secondaires en série. Chaque transformateur était d'une puissance de 10 kw, et élevait la tension de 110 à 50000 volts.

On pouvait faire l'obscurité complète dans le laboratoire à haute tension, et observer les effluves autour des conducteurs. L'élévation progressive de la tension était obtenue en modifiant l'excitation de l'alternateur. Le facteur de forme de la courbe de tension était $\sqrt{2}$. La fréquence était de 50 périodes par seconde. La puissance fournie aux primaires des transformateurs était mesurée

à l'aide de deux wattmètres de précision W, W'. Deux ampèremètres A et A' indiquaient les courants primaires et deux voltmètres V, V' la tension aux bornes de chacun des transformateurs.

En retranchant de la puissance totale absorbée pendant une expérience, les pertes à vide des transformateurs et les pertes par effet Joule dans les enroulements, on obtenait la puissance dissipée par effet corona.

Les résultats d'expériences, pour chaque diamètre des conducteurs, et chaque distance axiale de ceux-ci, sont résumés par des courbes où les abscisses représentent les tensions en kilovolts et les ordonnées indiquent la puissance dissipée par kilomètre de conducteur.

En appliquant la méthode des moindres carrés pour la détermination des constantes c et U' de l'équation (12) mise sous la forme $\sqrt{P}=\sqrt{C}\,(U-U')$, M. Zickler a obtenu les nombres des colonnes 3 et 4 du tableau.

DIAMÈTRE d, EN CM.	DISTANCE D, EN CM.	EXPÉRIENCE		ÉQUATIONS (13) ET (14)		EXPÉRIENCE		A ÉQUATION (18)	B ÉQUATION (19)	c ÉQUATION (20)	h_e EXPÉRIENCE.	h_e ÉQUATION (21)	U' ÉQUATION (22)	U_1 ÉQUATION (9).	PRESSION ATMOSPHÉRIQUE H, EN CM.	TEMPÉRATURE $t°$.	FRÉQUENCE n.
		c.	U'.	c.	U'.	A.	B.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	20	0,0159	26,2	0,0017	8,3					0,0161			28,4	23,5			
0,06	30	0,0090	31,2	0,0014	8,8	9,1	0,09	8,7	0,06	0,0099	75	72,7	30,1	25,0			
	40	0,0051	33,0	0,0012	9,1					0,0068			31,5	26,8			
	20	0,0174	29,0	0,0022	12,7					0,0160			31,2	30,4			
0,10	30	0,0085	31,9	0,0018	13,8	10,5	0,15	9,6	0,11	0,0091	51,0	52,2	33,9	33,0			
	40	0,0062	36,6	0,0015	14,1					0,0056			34,8	35,8			
	20	0,0166	37,8	0,0030	22,4					0,0175			38,8	41,8	75,6	19,2	
0,20	30	0,0088	39,7	0,0025	24,2	12,5	0,21	13,5	0,27	0,0091	37,1	36,7	41,8	48,4			
	40	0,0041	50,2?	0,0022	25,4					0,0028			44,0	50,8			
	20	0,0308	59,6	0,0042	37,5					0,0576			52,2	64,5			
0,38	30	0,0219	66,2	0,0034	40,7	32,9	0,65	29,8	0,62	0,0172	32,1	29,5	56,6	70,0			50
	40	0,0056	57,1	0,0030	45					0,0066			59,9	74,0			
	50	0,0090	84,0	0,0039	71,4					0,0097			85,9	106,4			
0,85	100	0,0072	93,9	0,0028	81,8	5,5	−0,11	6,1	−0,10	0,0071	24,7	24,9	96,1	121,9	75	17	
(câble)	125	0,0062	100	0,0025	85,2					0,0066			100	126,9			
	175	0,0060	105	0,0021	99,5					0,0060			105,8	134,5			

Pour les valeurs suffisamment élevées de la tension, la courbe expérimentale est bien représentée par la relation quadratique (12).

Si l'on calcule les quantités C et U' à l'aide des équations de Peek (13) et (14), en prenant pour δ les valeurs déduites des données du tableau concernant la température et la pression et en adoptant $k=1$ pour les fils unis et $k=0,85$ pour un câble à 7 fils, on obtient les valeurs inscrites dans les colonnes 5 et 6, et l'on voit qu'elles sont notablement inférieures à celles fournies par l'expérience. Pour les hautes tensions les courbes tracées en portant des valeurs de Peek se trouvent moins inclinées sur l'axe des abscisses que les courbes expérimentales (fig. 5 et 6).

Il en résulte que l'équation (13) n'est pas applicable pour le calcul exact de la perte de puissance par effet corona.

M. Zickler s'est proposé de donner une formule d'accord avec ses résultats d'expérience.

On peut écrire la relation (13) sous la forme générale

$$c = 86 \cdot 10^{-5} \frac{n}{\delta} \varphi(d, D) \qquad (16)$$

d'où

$$\varphi(d, D) = \frac{10^5 \delta c}{86\, n}$$

Si l'on remplace dans cette formule c par ses valeurs expérimentales (colonne 3) en faisant $n=50$ et remplaçant δ par $\frac{3,85\, H}{273+t}$, on trouve que, pour un même diamètre, la fonction φ peut être représentée par

$$\varphi(d, D) = \frac{A}{D} - B \qquad (17)$$

Pour un même diamètre du conducteur, A et B sont des constantes (colonnes 7 et 8). A et B sont des fonctions du diamètre et l'on voit sur le tableau qu'elles passent par un maximum pour un diamètre déterminé ($d=0,35$ cm).

Sur la figure 4 on a porté en ordonnées les quantités A et B et en abscisses les valeurs de $\pm(d-0,35)$, le signe étant choisi de façon à obtenir un nombre positif. Ces courbes satisfont aux équations

$$A = 44 - \frac{\pm(d-0,35)}{0,00142 \pm 0,0234\,(d-0,35)} \qquad (18)$$

et

$$B = 0,75 - \frac{\pm(d-0,35)}{0,201 \pm 0,756\,(d-0,35)} \qquad (19)$$

Les colonnes 9 et 10 renferment les valeurs de A et B calculées à l'aide de ces formules.

Les équations (16) et (17) donnent

$$c = 86.10^{-} \frac{n}{\delta} \left(\frac{A}{D} - B\right) \qquad (20)$$

équation qui, jointe à (18) et (19) permet de calculer c (colonne 11).

Les résultats ainsi obtenus concordent très suffisamment avec ceux fournis par l'expérience.

En ce qui concerne la constante U', qui représente la tension pour laquelle la courbe de puissance dissipée coupe l'axe des abscisses, nous savons que l'expérience fournit pour elle des valeurs qui s'éloignent d'autant plus de celles calculées par la formule de Peek, que le diamètre du conducteur est plus petit.

De la relation (14) on tire

$$h_0 = \frac{U'}{k\delta d \log \frac{2D}{d}}$$

valeur du champ électrique à la surface du conducteur.

En calculant h_0 à partir des valeurs dont il dépend, et fournies par l'expérience, on obtient les nombres de la

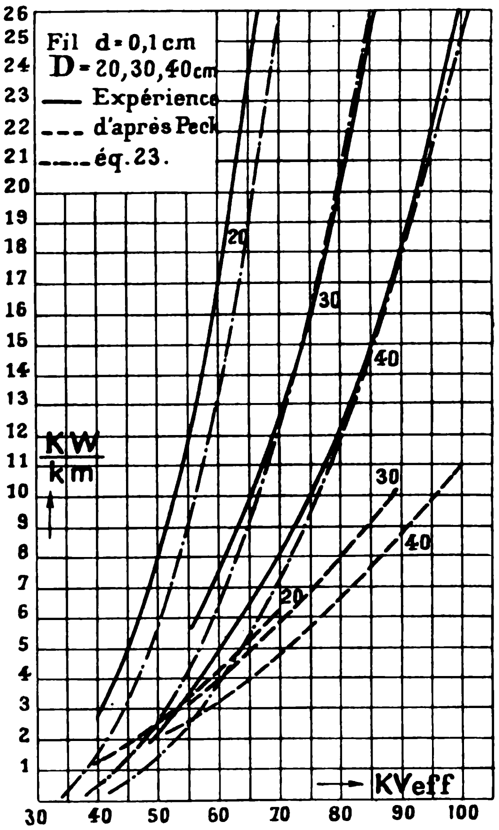


Fig. 5.

colonne 12. Si l'on trace la courbe en portant ces valeurs de h_0 en ordonnées, et le diamètre d en abscisses (fig. 1) on trouve que l'on peut représenter h_0 par la formule

$$h_0 = 21,2\left[1 + \frac{0,146}{d}\right] = h_1 \left[1 + \frac{0,146}{d}\right] \quad (21)$$

qui fournit les valeurs inscrites dans la colonne 13. U' peut donc s'écrire :

$$U' = k\delta h_1 \left(1 + \frac{0,146}{d}\right) d \log \frac{2D}{d}$$

$$= k\delta h_1 (d + 0,146) \log \frac{2D}{d} \quad (22)$$

Cette relation diffère de celle de Peck (14) par la présence du facteur $\left(1 + \frac{0,146}{d}\right)$.

Dans la colonne 14 sont les valeurs de U' calculées par la formule (22) qui concordent très suffisamment avec les valeurs expérimentales (colonne 4).

Des équations (9) et (22) on tire le rapport :

$$\frac{U_1}{U'} = \frac{1 + \frac{0,445}{\sqrt{d}}}{1 + \frac{0,146}{\sqrt{d}}} = \frac{d + 0,445\sqrt{d}}{d + 0,146}$$

qui montre que, pour

$$d = 0,108 \quad \text{et} \quad d = \infty, \quad U_1 = U';$$

pour

$$0,108 < d < \infty, \quad \text{on a} \quad U' < U_1$$

et pour

$$d < 0,108 \qquad U' > U_1$$

(comparez les valeurs des colonnes 14 et 15.)

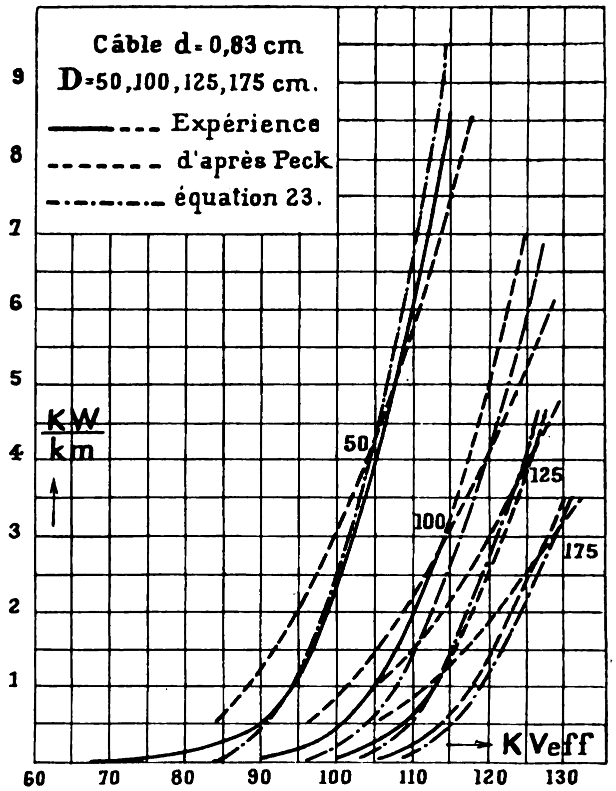


Fig. 6.

En remplaçant c et U' par les expressions (20) et (22) dans la relation (12) on obtient :

$$P = 86.10^{-5} \frac{n}{\delta} \left(\frac{A}{D} - B\right) \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[U - k\delta h\,(d + 0,146) \log \frac{2D}{d}\right]^2 \quad (23)$$

Les figures 5 et 6 permettent de comparer les résultats expérimentaux, avec les nombres fournis par la formule de Peek et ceux calculés par l'équation (25).

Lorsque le diamètre des conducteurs est inférieur à 0,7 cm, la formule (25) n'est applicable qu'à partir d'une certaine distance D des conducteurs, car pour $D > \frac{A}{B}$ on obtiendrait pour P des valeurs négatives.

La formule (25) n'est donc pas encore générale, mais peut être néanmoins très utile dans certains cas.

Pour terminer, nous donnerons l'expression de la puissance dissipée dans le cas d'une ligne triphasée.

MM. Görges, Weidig et Jaensch ont montré que pour les mêmes valeurs de d et de D, le champ électrique a la même valeur à la surface des conducteurs en monophasé et en triphasé si les tensions entre fils sont dans le rapport $\frac{U_{\text{triph.}}}{U_{\text{mon.}}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$, ceci résulte directement des équations (7) et (11).

On peut alors calculer la perte de puissance par effet

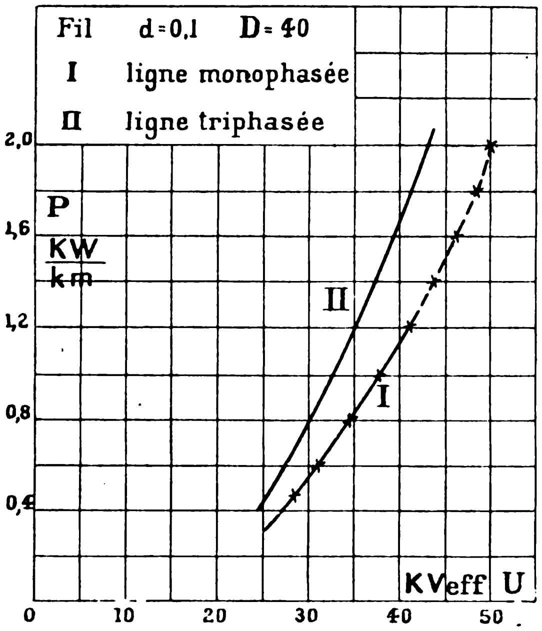


Fig. 7.

corona pour un kilomètre d'un conducteur d'une ligne triphasée par une relation quadratique en remplaçant dans (12) U par $U \times \frac{2}{\sqrt{3}}$ en gardant à c et U' les mêmes valeurs qu'en courant alternatif simple.

$$P' = c\left[\frac{2}{\sqrt{3}}\,U - U'\right]^2$$

ou

$$P' = \frac{4}{3}c\left[U - \frac{\sqrt{3}}{2}\,U'\right]^2$$

$$= 1,33\,c\,[U - 0,866\,U']^2 \qquad (24)$$

en remplaçant c et U' par leurs valeurs, il vient

$$P' = 114,4.10^{-5}\frac{n}{\delta}\left(\frac{A}{D} - B\right) \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \left[U - 0,866\,k\,h_1\,\delta\,(d + 0,146)\log\frac{2D}{d}\right]^2 \qquad (25)$$

La figure 7 montre les puissances dissipées dans un système à courant alternatif simple et un système triphasé, par km de fil. Si l'on multiplie par $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,155$ les abscisses des points de la courbe II on obtient aux mêmes ordonnées les points indiqués par des croix et qui se trouvent exactement sur la courbe I.

Les courbes I et II ne satisfont pas aux équations (25) (25) les tensions étant trop faibles (inférieures à 50000 v), on se trouve encore dans les régions situées au-dessous de 2 dans la figure 2. Sur la figure 7 la courbe I est la partie inférieure de la courbe complète de la figure 5 pour $D = 40$. P. N.

LES

POULIES-POMPES ÉLECTRIQUES

Nous avons souvent montré quels avantages les distributions d'énergie électrique peuvent retirer d'une propagande bien faite en faveur des applications si nombreuses du courant électrique. Nous leur signalerons aujourd'hui un petit appareil vraiment pratique qui peut arriver à leur créer une source de débouchés pour le courant de jour, source d'autant plus efficace qu'elle répond à un besoin général, celui de la distribution de l'eau à domicile.

On sait que, à part les grandes villes dotées de distributions d'eau sous pression, on ne trouve guère à la campagne d'autre moyen d'avoir de l'eau d'une façon permanente que celui qui consiste à installer un réservoir plus ou moins considérable dans lequel une pompe refoule l'eau puisée dans un puits voisin.

Bien souvent la complication de l'installation et surtout son prix arrête le client, qui se contente d'employer une pompe à main. Il n'est cependant pas nécessaire d'avoir à sa disposition un réservoir considérable ni des pompes plus ou moins savantes, comme on l'a fait jusqu'ici, ainsi que viennent de le montrer pratiquement MM. Hamm et Cie, les installateurs bien connus.

Supposons que l'on dispose au haut de la maison un petit réservoir de quelques *litres* seulement possédant un flotteur actionnant un commutateur spécial. On s'arrange de telle façon que, si le flotteur s'abaisse au-dessous du niveau normal, le commutateur met en marche un moteur électrique actionnant une pompe rotative, laquelle ramène aussitôt le niveau à sa valeur normale, le commutateur

interrompt à cet instant la marche du moteur et de la pompe, en sorte que, sans avoir à s'occuper de rien, les habitants de l'immeuble ont constamment de l'eau à leur disposition, chose de plus en plus appréciée aujourd'hui.

L'âme du système est évidemment la pompe, c'est en effet de son fonctionnement que dépend l'efficacité du système. MM. Hamm et Cie utilisent la poulie-pompe de M. Dispot, machine d'une admirable rusticité laissant loin derrière elle tout ce qui a été fait jusqu'à présent.

Cette pompe (fig. 1) se compose tout simplement d'une roue à 4 dents roulant dans un carter constituant le corps de pompe, carter qui est fixé sur une des flasques du moteur électrique là où l'on installerait la poulie.

On conçoit de suite comment la poulie-pompe fonctionne : Le liquide n'est pas aspiré et refoulé alternativement comme dans les pompes à piston ou les pompes rotatives, il n'est pas non plus l'objet d'un brassage violent comme dans les pompes centrifuges, il est naturellement entraîné par son adhérence sur la jante de la poulie comme le serait une courroie ou mieux une chaîne

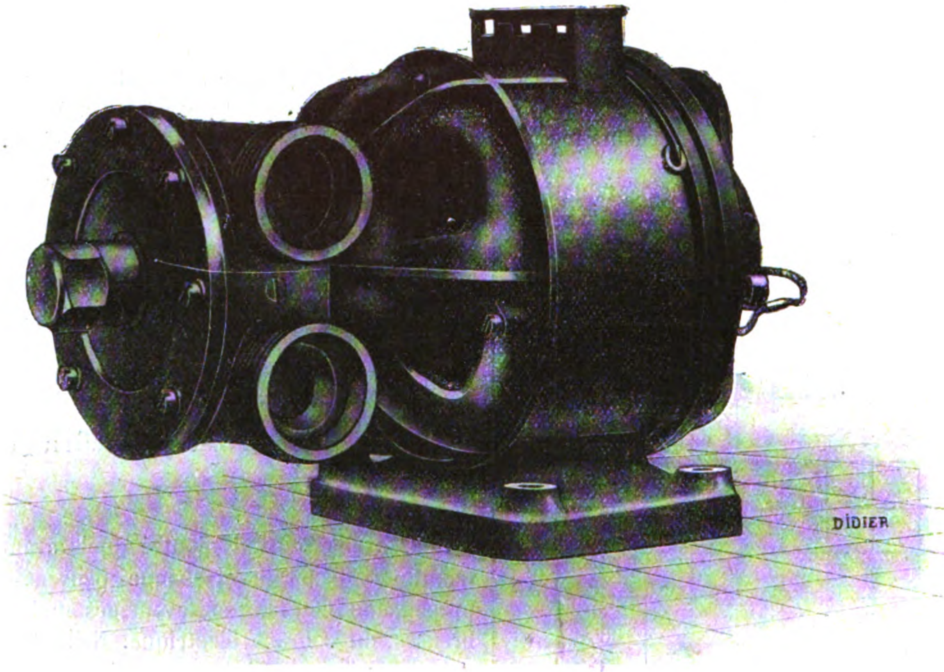


Fig. 1. — Poulie-pompe électrique.

dont les maillons seraient formés par les espaces d'eau compris entre deux dents consécutives.

Le liquide se déplace uniformément dans les tuyaux et dans la pompe, sans arrêts, sans à-coups, sans changements de direction ni remous susceptibles d'en altérer la nature ou d'absorber, en pure perte, une partie de la puissance du moteur.

Entièrement construites en bronze, les poulies-pompe ne renferment ni cuirs, ni clapets, ni ressorts, ce qui leur assure une durée exceptionnelle.

Leur mise en marche est immédiate et elles donnent de l'eau à la fermeture de l'interrupteur qui actionne leur moteur électrique. Sur le courant continu on emploie un moteur série de construction courante, sur le courant alternatif un moteur à collecteur du type série ou à répulsion dont la mise en marche et l'arrêt se font aussi facilement à distance que celle d'un moteur à courant continu.

La figure 2 représente l'application du système dans une maison. Le réservoir placé en haut contient le régulateur, c'est-à-dire le flotteur et l'interrupteur qui lui est relié; dès que le niveau baisse, le circuit est fermé et la pompe placée dans la cave se met en marche, l'eau est aspirée dans le puits et refoulée dans le réservoir. Comme le débit de la pompe est calculé pour alimenter tous les robinets ouverts à la fois, la pompe marchera et fournira de l'eau sans interruption, mais si on ferme un ou plusieurs robinets le débit de la pompe deviendra supérieur à la consommation, le niveau s'élèvera dans le réservoir et le flotteur arrêtera au moment voulu le moteur et la pompe.

Le prix du régulateur est bientôt amorti par l'économie qu'il procure, d'autant plus que, lorsque la pompe fonctionne, une grande partie de l'eau qu'elle élève s'écoule par le robinet qui a été ouvert au lieu de monter au réservoir pour redescendre ensuite; il en résulte une diminution de dépense importante qui se chiffre à la fin de l'année par une économie appréciable.

Dans d'autres applications où l'on n'a besoin que d'actionner une simple prise d'eau (fig. 3), le régulateur n'est pas nécessaire, on se contente de mettre à côté du col de cygne remplaçant le robinet un bouton électrique tournant ou à tirage qu'il suffit d'actionner pour avoir de l'ea

Notons en passant que ces pompes rotatives sans clapet aspirent facilement à 7 ou 8 mètres de hauteur, elles ne donnent lieu qu'à une perte par frottement insignifiante en sorte que leur rendement est excellent. Calées directement sur l'arbre du moteur, leur mise en marche est immédiate et leur entretien nul. On les construit pour

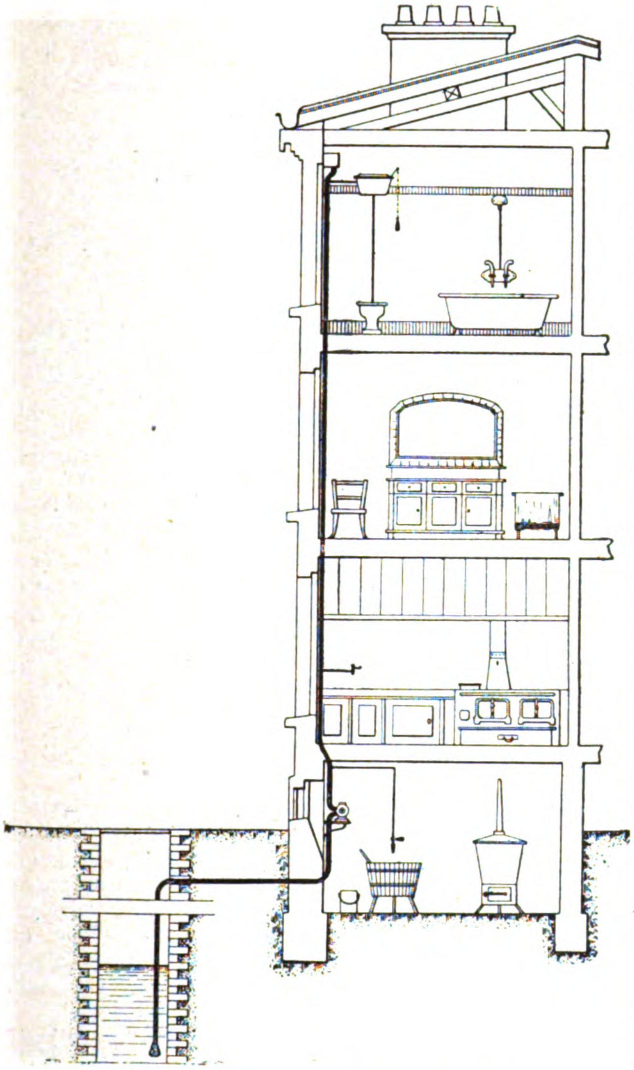


Fig. 2. — Installation d'une distribution d'eau.

des débits variant de 250 litres par heure jusqu'à 10 mètres cubes par heure ; nous donnons du reste ci-dessous les caractéristiques des types les plus employés.

Types.	Diamètre des raccords. en mm.	Débit en litres. par heure.
A.	12	250 à 500
B.	15	500 à 1000
C.	20	700 à 1500
D.	27	1500 à 3000
E.	34	1800 à 4500
F.	45	4000 à 6500
G.	60	6000 à 11000

La puissance du moteur est déterminée lorsqu'on connaît la hauteur totale à laquelle l'eau doit être élevée et le débit demandé. Beaucoup de ces installations sont faites dans des châteaux, villas, fermes, pourvues de distributions à courant continu à 25 ou 55 volts, il est donc facile de leur adapter le moteur correspondant. Ces basses tensions (25 ou 55 volts), qui ont été prises pour bases des installations de MM. Hamm, se justifient par l'emploi de lampes à filament métallique qui fonctionnent mieux à ces régimes tout en étant plus robustes. Cela permet d'avoir des installations très simples, peu coûteuses, une batterie d'un moins grand nombre d'éléments, etc. Pour les installations reliées à des distribu-

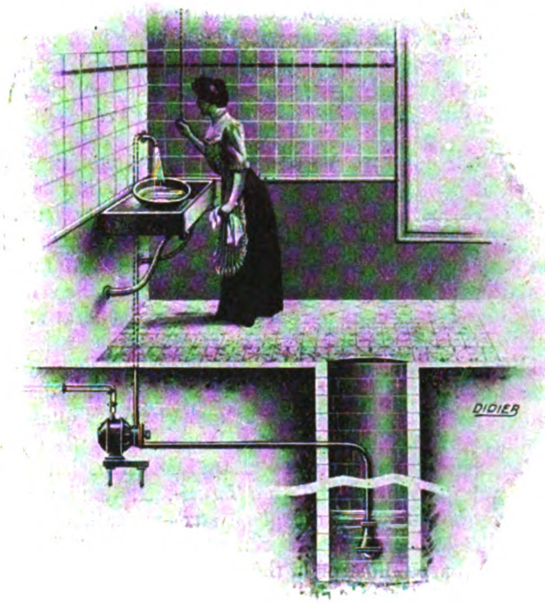


Fig. 3. — Poulie-pompe à commande par bouton.

tions à 110 ou 220 v, les poulies-pompes s'emploient tout aussi facilement, car les moteurs pour ces tensions sont très courants et d'une mise en marche aussi aisée pour les faibles puissances réclamées par ces appareils, qu'ils soient à courant continu ou à courant alternatif.

Mais là ne s'arrêtent pas les applications des poulies-pompes ; dans bien d'autres cas, elles seront appréciées, notamment pour la manipulation des vins, bières, huiles, etc., grâce à leur faible encombrement et à leur poids très réduit. On peut également les utiliser comme pompes à incendie ou pour l'arrosage direct sous pression. Il est certain que l'absence de tout mécanisme, le bon rendement, la légèreté et la facilité de mise en marche assurent un avenir intéressant à cet utile appareil qui pourra jouer un rôle important dans la question de l'utilisation du courant de jour lorsqu'il sera répandu à une grande échelle. Ainsi que nous l'avons dit bien souvent, les Sociétés de distribution d'énergie électrique devraient aujourd'hui chercher à augmenter leur clientèle par une propagande bien organisée en faveur des applications de l'électricité. L'appareil que nous venons de décrire leur attirerait certainement de nouveaux abonnés, c'est ce qui nous a engagé à le signaler. A. Z.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance publique annuelle du lundi 16 décembre 1912.

PRIX DÉCERNÉS

Parmi les prix décernés intéressant l'industrie électrique, nous citerons :

Prix La Caze. — L'œuvre de M. BRILLOUIN, professeur au Collège de France, s'étend au domaine presque entier de la Physique pure et de la Physique mathématique. Il importe de remarquer qu'en décernant à ce grand savant le prix La Caze, l'Académie a tenu à citer, parmi ses travaux si multiples, son remarquable ouvrage sur la *Propagation de l'Électricité*.

Prix Wilde. — C'est à un praticien bien connu, M. le commandant FERRIÉ, que le prix Wilde, de la section de Physique, a été décerné « pour l'ensemble de ses travaux, le développement qu'il a donné en France à la télégraphie sans fil et la part qu'il a prise comme Correspondant du Bureau des Longitudes, dans l'organisation de la Conférence internationale de l'heure, dont il a été le Secrétaire général ».

Prix Hébert. — M. HOULLEVIGUE, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, a obtenu le prix Hébert. Cette distinction honore l'auteur de nombreux mémoires sur les questions si délicates, qui touchent aux propriétés magnétiques du fer et de l'acier, aux diélectriques et à l'ionisation. Dans son excellent volume *Du laboratoire à l'usine*, M. Houllevigue a fait, comme on sait, une large place aux applications industrielles de l'électricité. C'est en prenant ces applications pour exemples qu'il a pu illustrer la thèse, suivant laquelle c'est à la recherche désintéressée des savants que sont dues les plus grandes révolutions économiques récentes.

Prix Hughes. — Tandis que M. Armand de Gramont, duc de Guiche, recevait de l'Institut un prix de Mécanique, M. ARNAUD DE GRAMONT, son cousin germain, obtenait le prix Hughes. On doit à cet éminent physicien une étude très intéressante des spectres par étincelles électriques; non seulement il a su perfectionner l'usage des étincelles ordinaires du secondaire d'une bobine d'induction en supprimant les raies d'électrodes dans les spectres des liquides, mais encore il s'est servi de l'action dissociante des *étincelles condensées*, c'est-à-dire des étincelles de décharge des condensateurs. Supprimant les raies de l'air, qui se présentent ordinairement avec les raies des éléments présents dans l'étincelle condensée dans les spectres de dissociation, M. de Gramont a heureusement tiré parti du fait déjà connu qu'une self-induction convenable intercalée dans le circuit de décharge d'un condensateur fait disparaître toutes ces raies dans le spectre. Sa méthode d'*analyse quantitative spectrale* intéresse particulièrement la technologie des minerais de plomb argentifères.

Prix Bonaparte. — Sur la répartition du fonds Bonaparte, généreusement élevé à 50 000 par le Prince Roland Bonaparte pour chacune des nouvelles annuités accordées par lui à ce fonds, une somme de 2 500 francs a été attribuée à M. PAUL PASCAL, maître de conférences à l'Université de Lille. Les produits que M. Pascal a obtenus dans l'étude physico-chimique des corps complexes, minéraux et organiques, la détermination qu'il a faite de leurs propriétés magnétiques, ont été des plus utiles à MM. Weiss et Cotton dans leurs recherches sur le *magnéton* et la biréfringence magnétique.

On sait que le magnéton découvert par M. P. Weiss en 1911 joue en quelque sorte dans la théorie du Magnétisme le même rôle que l'électron dans la théorie de l'Électricité; les magnétons sont des masses d'énergie de grandeur invariable, qui se comportent comme de petits aimants de dimensions moléculaires et qui ont, par conséquent, la propriété de s'orienter parallèlement les uns aux autres; M. Langevin, professeur au Collège de France, a montré que les oscillations calorifiques des molécules contrarient constamment les magnétons dans leur tendance à s'orienter.

REVUE DE LA PRESSE

ÉLECTROMÉTALLURGIE

Nouvelle usine anglaise pour la fabrication de l'acier électrique. — La Compagnie anglaise Stobie Steel C° de Sheffield vient, après une expérience de deux ans, de décider la construction d'une aciérie électrique. L'usine sera établie au bord de la Tyne; elle constituera la première installation importante de ce genre en Angleterre et s'occupera uniquement de la fabrication des aciers à outils et des aciers fins. Le type de fours choisis n'est pas très connu, la Compagnie Stobie ayant elle-même étudié un four. Les premiers fours comprendront : un four à courant triphasé de 15 tonnes; un four à courant alternatif simple de 5 tonnes, et enfin un four à charge de 150 kg pour aciers dosés. Un four de deux tonnes Stobie ainsi qu'un autre de 15 tonnes ont été mis en service récemment dans deux autres aciéries anglaises. (*Stahl und Eisen*, 7 novembre 1912.) M. A.

MAGNÉTISME

Sur la détermination exacte du coefficient de Steinmetz. — Nous extrayons d'un rapport de Straude à la Physical Society les résultats suivants concernant la détermination du coefficient de Steinmetz pour des tôles de transformateurs et différents métaux. Les méthodes de recherches employées furent la méthode cyclique et la méthode balistique. Les mesures portèrent sur des tôles ordinaires à 3 pour 100 de silicium et sur des éprouvettes de fonte; tous ces échantillons étaient soigneusement démagnétisés avant l'essai.

En général, les valeurs trouvées pour la perte par hystérésis W_s et la force magnétisante $\mathcal{H}$ correspondant à une même induction $\mathcal{B}$ sont plus grandes avec la méthode balistique qu'avec la méthode cyclique. Cette dernière méthode présente le double avantage d'une exactitude plus grande et d'une exécution plus rapide.

L'exposant ε de la formule $W_s = \eta\, \mathcal{B}^{\varepsilon}$ fut trouvé de 1,7 pour des tôles de transformateurs soumises à des inductions variant entre 1000 et 17 000 gauss. Ce coefficient est de 1,66 pour des tôles à 3 pour 100 de silicium et des inductions comprises entre 4000 et 12 000 gauss; il atteint 1,82 pour la fonte, $\mathcal{B}$ étant compris entre 2000 et 6000. On peut admettre qu'en général les métaux les plus perméables ont le plus faible coefficient ε et inversement. (*The Electr.*, 19 juillet 1912.) M. A.

MESURES

Mesure des courants vagabonds dans les conduites. — Les méthodes employées d'ordinaire supposent une répartition uniforme du champ, ainsi que de l'intensité de courant

et de la résistance dans la conduite; il n'en est pas ainsi en réalité. Hernig indique une méthode reposant sur le principe suivant :

Le tuyau P (fig. 1) est connecté à un galvanomètre très sensible ou à un millivoltmètre D. En dérivation sur celui-ci, mais à l'extérieur des prises de contact, se trouve monté un ampèremètre A, en série avec une batterie B et une résistance réglable. On agit sur cette résistance jusqu'à ce que le galvanomètre soit à zéro; l'ampèremètre A donne alors

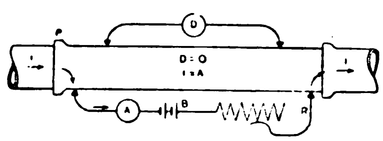


Fig. 1.

l'intensité du courant dans la conduite. L'écart du galvanomètre fonctionnant en balistique étant proportionnel à la chute de tension en volts, il sera facile d'obtenir la résistance cherchée en ohms par la division des deux indications du galvanomètre balistique et de l'ampèremètre. En prenant des points de contact distants d'un nombre exact d'unités de longueur, on aura exactement la résistance par mètre linéaire. L'intensité entre deux points quelconques de la

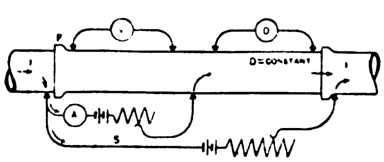


Fig. 2.

conduite peut donc être connue en opérant en chacun de ces points l'étalonnage par la batterie et en observant les intensités et chutes de tension; la différence des lectures indique le sens du courant. Il peut être plus commode d'envoyer un certain courant dans la conduite en faisant prendre au galvanomètre un écart constant et d'observer ensuite l'écart au moment où le courant de la batterie est coupé. La différence des deux lectures indique l'intensité.

Afin de pouvoir faire la mesure sur des courants très variables en maintenant constante la lecture sur D, on ajoute encore un deuxième galvanomètre V, connecté au tuyau en avant de C, ainsi qu'une seconde résistance en dérivation S (fig. 2). La résistance S composée de plaquettes de charbon mobiles absorbe chaque surintensité du courant. La mesure à l'aide de V est opérée comme précédemment. On peut, pour une deuxième mesure, interchanger les instruments D et V, la résistance auxiliaire S devenant alors inutile. Il est nécessaire dans ce cas de faire trois mesures, car les lectures sur A et V ne peuvent être faites que lorsque $D = 0$. La résistance à mesurer est donnée par l'égalité $R = \frac{V - D}{A}$. (*Proceeding A.I.E.E.*, juin 1912.)

M. A.

MOTEURS

Le graissage au graphite. — M. Acheson, le célèbre créateur du carborundum, ayant utilisé longtemps le four électrique à la fabrication du graphite, avait remarqué qu'il se produisait fréquemment une petite quantité d'un graphite spécial très doux au toucher et très onctueux qu'il chercha à employer pour le graissage. Dans ce but il entreprit de mettre ce produit en suspension dans l'huile pour qu'elle pût le véhiculer jusqu'aux surfaces frottantes à lubréfier. Il découvrit que les matières tannantes, particulièrement le tannin même, exerçaient une action puissante sur les particules de graphite en les réduisant en de nouvelles particules si fines qu'elles ne se séparaient plus de l'huile par le repos, si prolongé fût-il. Acheson, après de longs essais, a remarqué que l'excès de graphite est non pas nuisible, mais inutile et que le meilleur dosage correspond à 2 gr de graphite par litre d'huile.

Pour faciliter le mélange du graphite à l'huile il livre le graphite sous forme d'une pâte assez fluide, appelée *oildag*, que l'on ajoute à l'huile de graissage au moment d'en faire usage. L'huile employée peut être quelconque, pourvu qu'elle *ne soit pas acide*.

Si l'emploi de l'oildag exige la neutralité de l'huile, par contre il donne plus de liberté au point de vue de la fluidité, l'huile employée avec lui peut avoir une fluidité plus grande que si elle était employée seule, son rôle étant d'apporter le graphite et d'enlever la chaleur produite par le frottement plutôt que de graisser par elle-même. (*Omnia* du 21 décembre 1912.)

L'utilisation de hauts degrés de vide dans les turbines à vapeur à faibles sections d'échappement. — Des expériences ayant pour objet la détermination du meilleur degré de vide à donner aux condenseurs ont été faites par l'ingénieur Lösel de Komatau. Elles portèrent sur deux turbines Zoelly de 500 kilowatts étudiées pour fonctionner en liaison avec des condenseurs produisant un vide de 90 pour 100. Le vide des condenseurs fut poussé à 95 et 96 pour 100 et l'on constata que la puissance des turbines augmentait avec le degré de vide. L'une des turbines était reliée à un condenseur à surface et l'autre à un condenseur Westinghouse-Leblanc. Le rendement thermodynamique rapporté à l'état de la vapeur avant l'arrivée sur la première roue reste constant pour tous les degrés de vide compris entre 90 et 96 pour 100 et la chaleur est utilisée de la même façon que pour un vide de 90 pour 100. L'accroissement de la puissance avec le degré de vide à rendement thermodynamique constant ne peut être rapporté qu'à l'augmentation de la vitesse de la vapeur au-dessus de la vitesse critique et à l'utilisation de ce surcroît de vitesse. La pression de la vapeur avant l'avant-dernier degré de détente restant la même pour tous les degrés de vide, les deux derniers degrés de détente seuls utilisent le surcroît de vitesse de la vapeur. Avec un degré de vide de 90 pour 100 pour lequel étaient calculées les turbines, la pression dans l'avant-dernier degré de détente tombe déjà à celle du condenseur, de sorte que le dernier gradin, non seulement ne produit aucun travail utile, mais coûte au contraire une certaine perte d'énergie par frottements. L'avant-dernier degré de détente possède alors le meilleur rendement thermodynamique de toute la turbine, soit environ 0,582. (*Z.d.V.D.I.*)

M. A.

Moteur à gaz pour poussier de charbon. — Un nouveau moteur à gaz pour alimentation avec du poussier de charbon vient d'être mis en service après essai par le Dr A. M. Low. La puissance du moteur étudié est de 100 chevaux. Il fonctionne en liaison avec un gazogène à aspiration à tubes dans lesquels le poussier de charbon est introduit progressivement par un appareil à vis sans fin. Les tubes traversent la chambre d'explosion du moteur et sont chauffés par les gaz d'échappement; la température atteinte est suffisante pour produire la gazéification. Le charbon tombe ensuite dans un cendrier servant de passage à un courant d'air et de vapeur d'eau aspirés dans le moteur en passant sur le charbon. Le moteur doit consommer environ 0,25 kg de poussier de charbon par cheval-heure. Le degré de compression reste relativement faible, de sorte qu'il ne se forme aucun dépôt de goudron;

celui-ci s'échappe sous forme de fumée jaunâtre en même temps que les gaz brûlés. (*The Engineer*, 15 novembre 1912.)
M. A.

STATIONS CENTRALES

Les vibrations des machines électriques. — Hall a étudié les vibrations auxquelles sont soumises les machines électriques à l'aide d'un appareil analogue à un sismographe. Ses essais portèrent sur un convertisseur rotatif de 1000 kw. La fréquence des oscillations enregistrées fut trouvée de 8,6 périodes par seconde et l'amplitude maxima de 0,004 mm pour un poids du rotor de 16 tonnes tournant à 514 tours par minute. Les oscillations de la machine sont entendues distinctement lorsque leur fréquence atteint 32 périodes par seconde; il suffit alors d'une amplitude de 0 000000028 mm pour que le bruit de la machine soit perceptible. Une bonne disposition des fondations permet d'éviter tout bruit. Le cuir et l'amiante sont de très bons amortisseurs pour les petits moteurs, surtout lorsque ces deux matières sont disposées en couches alternées. Les fondations des grosses machines doivent toujours être isolées des murs d'un bâtiment; il est souvent avantageux de faire reposer le massif de béton des fondations sur un lit de débris pierreux de 1 mètre d'épaisseur. Une couche d'asphalte de 5 cm d'épaisseur doit être intercalée entre le sol et les fondations. (*El. World*, 27 juillet 1917.)
M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

440 213. — **Société dite : J. Pohlig A. G.** — *Suspension à grandes portées de conducteurs électriques* (15 février 1912).

440 165. — **Marino et Marino.** — *Perfectionnement au dépôt électrolytique de métaux particulièrement sur les surfaces d'articles en fer et en acier* (14 février 1912).

440 212. — **Société dite : The Harwey Electro Chemical C° Limited.** — *Perfectionnements apportés au traitement des surfaces en aluminium ou en alliage d'aluminium en vue de les préparer à recevoir un dépôt métallique* (15 février 1912).

440 265. — **Kent et Mitchell.** — *Dispositif perfectionné pour supporter ou suspendre les lampes électriques et leur équivalent* (16 février 1912).

440 268. — **Glorieux.** — *Réflecteur diffusant pour lampe à incandescence* (17 février 1912).

442 672. — **Etienne.** — *Transmetteur pour télégraphe écrivant* (23 février 1912).

15 735/439 904. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Appareil téléphonique simplifié* (22 juin 1911).

442 680. — **Hardi et Hungerbuhler.** — *Perfectionnements apportés aux piles secondaires* (9 mars 1912).

442 690. — **Simms.** — *Machine électro-magnétique pour l'allumage et l'éclairage sur les véhicules automobiles* (15 mars 1912).

442 703. — **Grouvelle et Arquembourg.** — *Dispositif de rupture du courant primaire pour magnéto à haute tension* (26 juin 1911).

442 745. — **Tavernier.** — *Dynamo génératrice à courant continu sans collecteur ni balais* (19 avril 1912).

442 767. — **Ricks.** — *Procédé pour la préparation de masse active pour accu électriques au plomb avec utilisation de matière obtenue sous forme de fines lamelles* (20 avril 1912).

442 829. — **Société de Constructions électriques Nancy.** — *Cage d'écureuil de rotor de moteur asynchrone obtenue par moulage, et son procédé de fabrication* (22 avril 1912).

442 855. — **Wilson.** — *Nouveau procédé de charge des batteries d'accumulateurs* (23 avril 1912).

442 870. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Dispositif de régulation pour machines électriques* (23 avril 1912).

442 875. — **Cumont.** — *Procédé pour le démarrage et le réglage de la vitesse des moteurs électriques alimentés par du courant continu, réalisant les couplages série et parallèle et permettant en outre la récupération au freinage ainsi que son mode de réalisation pratique* (29 juin 1912).

442 885. — **Société Alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Moteur d'induction à vitesse variable* (30 juin 1912).

15 734/437 731. — **Grillet et Truchetet.** — *Dispositif de régulation automatique applicable aux groupes électrogènes*

442 668. — **Société Van Raden et C° Limited et Metz.** — *Commutateurs électriques* (13 février 1912).

442 771. — **Siemens Schuckert Werke G. m. b. H.** — *Point d'attache pour conducteurs aériens ou fils de trolleys à suspension caténaire* (20 avril 1912).

442 774. — **Hubert.** — *Perfectionnements apportés aux appareils de mesure électrique* (20 avril 1912).

442 775. — **Hubert.** — *Perfectionnements apportés aux appareils de mesure électrique* (20 avril 1912).

442 817. — **Jublin.** — *Interrupteur automatique à temps* (22 avril 1912).

442 886. — **Buisset et Augustin.** — *Poteau métallique pour lignes électriques aériennes* (23 avril 1912).

442 941. — **Siemens Schuckert Werke G. m. b. H.** — *Induit en disque pour inducteurs de courant continu* (25 avril 1912).

442 830. — **Leuchter.** — *Perfectionnements dans les dépôts galvanoplastiques* (18 avril 1912).

442 765. — **Bousson.** — *Lampe électrique* (20 avril 1912).

442 975. — **Bergmann Elektricitäts Werke A. G.** — *Ligne aérienne à suspension caténaire pour chemins de fer électriques* (15 mars 1912).

443 157. — **Société Gesellschaft für Forderanlagen Ernst Heckel m. b. H.** — *Système de protection automatique des trains dans les chemins de fer aériens électriques* (30 avril 1912).

15 775/436 705. — **Deschamps.** — *Chemin de fer électrique avec procédés automatiques de traction* (30 juin 1911).

442 964. — **Etienne.** — *Récepteur pour télégraphes imprimeurs* (25 février 1912).

442 985. — **Bille.** — *Récepteur télégraphique perforateur* (27 mars 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

72 457. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 508. 25 Février 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Distinction honorifique. — Turbo-dynamos de 22 000 kw. — Essais des câbles à haute tension. — Grande portée de la T. S. F. — La T. S. F. dans l'armée britannique. — Une installation de T. S. F. au Vatican. — Augmentation de la résistance à la traction dans le tunnel du Simplon. — Les radio-phares. — L'électrolyse du béton armé. — Les moteurs à gaz dans les stations centrales électriques. — Alimentation des chemins de fer électriques de la Haute-Silésie. — Le railophone 73

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Ancenis. Arpajon 76

Etat actuel de l'éclairage électrique des voitures automobiles. **A. Soulier** 77

Le calcul des machines a courant alternatif (*suite*) 83

Nouveaux types de lampes a arc a magnétite en usage aux États-Unis. **H. M.** 88

Académie des sciences — *Séance du 23 décembre* 1912 : Appareil électrique mesureur de temps pour la comparaison des deux phénomènes périodiques, par **G. Lippmann** . . 91

Société internationale des électriciens. — *Séance du 12 février* 1913 : Compte rendu des travaux des sections, par **M. Grosselin** — La télégraphie et la téléphonie au Congrès de Versailles, par **M. Tongar** — Travaux du Laboratoire central d'électricité. Étude expérimentale des nouvelles lampes électriques incandescentes, par **MM. Broca, de la Gorce, Jouaust** et **Laporte** — Quelques difficultés de la photométrie des sources lumineuses industrielles. Nécessité d'employer le photomètre le plus simple pour la comparaison des lumières très différentes, par **MM. Broca** et **Laporte** — Sur la traction monophasée, par **M. Marius Latour** 92

Revue de la Presse. — *Appareillage* : Interrupteurs à huile pour fortes puissances et hautes tensions. — *Installations* : La fourniture de la force motrice à la petite industrie par le gaz ou l'électricité — *Mesures* : Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide dans les dynamos 95

Brevets d'invention 96

INFORMATIONS

Distinction honorifique. — Dans une de ses dernières séances, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a décerné la grande médaille d'or à l'effigie d'Ampère, à M. Paul Janet, professeur à la Faculté des sciences de Paris, directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'électricité.

Cette haute distinction ne pouvait être mieux méritée et nous félicitons bien sincèrement M. Paul Janet de la juste récompense qu'il vient de recevoir. A. S.

Turbo-dynamos de 22 000 kilowatts. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 14 novembre.) — La Société électrique rhénane, westphalienne (*Rheinisch-Westfalische Elektricitätswerk*), qui en 1905 avait déjà des turbines de 7000 kilowatts, et marchait ainsi en tête du mouvement, vient de faire un nouveau pas en avant, en installant des turbo-dynamos d'une puissance encore inconnue en Europe, ce sont trois groupes de 22 000 kilowatts. La dynamo est construite pour 21 500 kv-a (c'est-à-dire environ 15 000 kw pour cos $\varphi = 0,7$). Chaque machine peut être surchargée de 25 pour 100.

Deux de ces machines sont déjà installées dans la station de Dusseldorf, à Reisholz ; elles sont déjà en service depuis un an, tandis que la troisième est en montage à la station de Essen.

Les machines installées à Reisholz ont donné complète satisfaction et répondu à toutes les conditions imposées.

La station de Reisholz est certainement l'une des plus intéressantes, elle comporte :

3 groupes de 7150 kv-a (5000 kw pour cos $\varphi = 0,7$)
2 groupes de 21 500 kv-a (15 000 kw pour cos $\varphi = 0,7$)
Donc en tout 65 000 kilovolts-ampères (45 000 kw pour cos $\varphi = 0,7$).

Quoique les groupes de 21 500 kv-a dépassent les dimensions habituelles, ils ont pu être facilement installés dans les bâtiments existants, car leur longueur ne diffère pas sensiblement de celles des groupes de 7150 kv-a déjà installés.

Les dimensions des trois groupes de machines, qui ont été fournies l'une par la Société générale allemande d'électricité (A. E. G.), et l'autre par la société Brown-Boveri et Cie, pour l'usine de Reisholz, tandis que celle de l'usine d'Essen a été fournie par la société Escher-Wyss de Zurich et les ateliers Siemens-Schuckert, sont données dans le tableau suivant :

	Société générale.	Brown-Boveri.	Escher-Wyss.
Longueur, en mm	15 310	15 175	15 300
Largeur, en mm	4 750	4 260	4 400

F. L.

Essais des câbles à haute tension. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 12 décembre.) — A la fin d'une très intéres-

sante étude sur les câbles à haute tension, parue dans le journal de la Société des ingénieurs et architectes autrichiens, M. P. Humann parle des essais prescrits dans les divers pays et engage les centrales électriques à imposer des conditions de réception spéciales, vu l'importance, pour elles, de la qualité des câbles à haute tension.

En Autriche, il est prescrit que tous les câbles sous plomb doivent être soumis à une tension d'essai triple de celle de service et d'au moins 2000 v; cette tension doit être sinusoïdale et sa fréquence environ 50. Avant l'essai à haute tension, le câble doit être plongé pendant 24 heures (et dans le cas de doute pendant 72 heures) dans de l'eau entre 15 et 20°. Sa résistance d'isolement doit être d'au moins 500 mégohms par km pour des sections de conducteur de 10 mm² et au-dessous et d'au moins 300 mégohms par km pour des sections supérieures.

En Allemagne, la tension d'essai à l'usine doit être le double de la tension normale et après pose cette tension d'essai doit être une fois et quart la tension de service. La tension d'essai alternative doit être appliquée pendant une demi-heure à la fabrique et pendant une heure après pose.

En France, une tension triple de la normale doit être appliquée à l'usine pendant un quart d'heure, une tension double pendant une heure. Après pose on procède à un essai de un quart d'heure au double de la tension de service.

En Angleterre, les tensions d'essai sont les suivantes :

Tension de service en volts.	Tension d'essai à l'usine en volts.	Tension d'essai après pose de 20 minutes en volts.
3 200	10 000	4 000
3 300	12 000	6 000
6 600	20 000	12 000
11 000	30 000	20 000

M. Humann estime qu'il est inutile de procéder à des essais d'isolement et pense que les stations centrales doivent procéder à des essais permettant de se rendre compte :

1° De la grande résistance à la disruption ;

2° De la facilité de pose, c'est-à-dire de la sécurité lors du ployage du câble ;

3° Que le rendement est bon.

Pour vérifier la qualité de la résistance à la disruption, M. Humann estime que, dans le cas de très haute tension, on doit procéder pendant une demi-heure chaque fois à un essai au triple de la tension de service, à l'usine et au double de la tension de service, après pose.

On doit, lors des essais, laisser le fournisseur libre d'employer une tension aussi sinusoïdale que possible. On doit, en outre, soumettre pendant plusieurs heures un morceau du câble à une tension triple et quadruple de celle d'essai, et se rendre compte de l'échauffement de la gaine de plomb.

La facilité de pose doit être essayée au moyen d'une épreuve de pliage. Un bout de câble d'au moins 10 m de longueur doit être enroulé dans un sens et dans l'autre, trois fois autour d'un noyau ayant un diamètre huit à dix fois plus grand que lui et ensuite supporter pendant un quart d'heure un essai à 2,5 fois la tension de service.

Le bon rendement du câble sera déterminé par la preuve de la bonne conductibilité de l'âme et par la mesure des pertes dans le diélectrique. Ces dernières ne doivent pas dépasser 3 pour 100 de la puissance apparente absorbée à vide par le câble. On peut avoir une mesure approchée des pertes dans le diélectique, en mesurant la résistance d'isolement avant et après l'essai de surtension. On peut exiger que les deux valeurs obtenues ne diffèrent pas entre elles de plus d'une certaine quantité.

M. Humann estime que l'épreuve de ployage est très importante, elle est très facile à faire et peu coûteuse ; la meilleure preuve de son importance est que les fabriques de câbles, l'exigent de leurs fournisseurs sous-traitants. F. L.

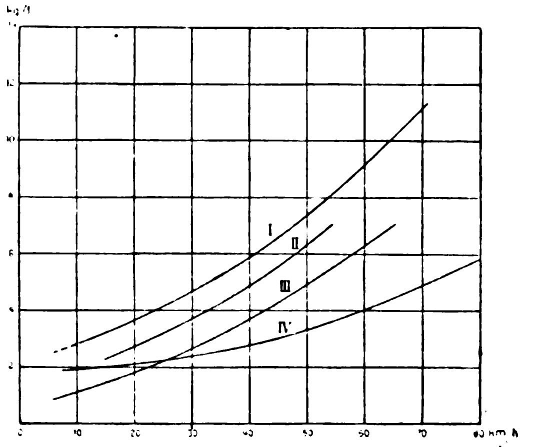
Grande portée de télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 14 novembre) — Entre la station de télégraphie Jap, établie dans le Golfe Persique, et le vapeur *Mantoua*, qui se trouvait dans le port de Melbourne, on a pu échanger des signaux, la distance étant de 11 000 km. Le navire était équipé avec une station de 1,5 kw de puissance. F. L.

Télégraphie sans fil dans l'armée britannique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 14 novembre.) — L'armée anglaise a des postes de télégraphie sans fil qui peuvent être transportés dans les sacs de quatre hommes. Le mât pour l'antenne a une hauteur de 10 m et est principalement en aluminium, les stations ont un rayon d'action d'environ 15 km. F. L.

Une installation de télégraphie sans fil au Vatican. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 14 novembre.) — On va installer prochainement une station de télégraphie sans fil au Vatican, elle sera placée dans les jardins au sommet d'une colline ; une société italienne a déjà fourni le matériel nécessaire. F. L.

Augmentation de la résistance à la traction dans le tunnel du Simplon. — Dans un article très intéressant sur la traction par courants triphasés dans le tunnel du Simplon, paru dans le bulletin de novembre de l'Association suisse des électriciens, M. B. Kilchenmann montre que la dépense d'énergie dans le tunnel est de 33 à 35 w-h par tonne-km, y compris le poids de la locomotive ; cette dépense élevée est due à l'augmentation de la résistance de l'air dans le tunnel.

Le tunnel a voie unique, de forme elliptique de 4.50 m de largeur au niveau des traverses et qui mesure 5.50 m du niveau des traverses à la clef de route, à une section de



25,2 m²; la ventilation y est assurée par deux ventilateurs installés à Brigue qui refoulent 100 m³ d'air par seconde, sous une pression de 40 mm d'eau, et par deux ventilateurs aspirants installés à Iselle, situé à l'autre extrémité du tunnel.

Un train descendant sous l'action de sa pesanteur la pente de 7 millièmes qui se trouve entre Brigue et Iselle, ne peut dépasser une vitesse de 60 km : heure, bien qu'il marche dans le sens du courant d'air de ventilation ; le train agit en somme dans le tunnel à la façon d'un piston qui ne serait pas complètement étanche.

Un train marchant en palier, en sens inverse de la ventilation, éprouve une résistance à la traction qui atteint 11,2 kg par tonne à la vitesse de 70 km : heure.

M. Kilchenmann a tracé les courbes de la figure ci-dessus, qui donnent la résistance à la traction en palier en kg par tonne en fonction de la vitesse etc. ; dans divers cas, les

courbes ont été relevées par la méthode du lancer. La courbe I correspond à la marche du train d'Iselle à Brigue, c'est-à-dire en sens inverse du courant d'air de ventilation; la courbe II est relative à la marche de Brigue vers Iselle, la ventilation étant arrêtée, et la courbe III, à la même marche, la ventilation étant en action. La courbe IV est celle relevée lors des expériences de Zossen, à l'air libre, elle permet de se rendre compte de l'excès de résistance de l'air dans le tunnel.

Comme la courbe III coupe la courbe IV en un point correspondant à une vitesse de 25 km : heure, on voit qu'au-dessous de cette vitesse, un train qui marche dans le sens du courant d'air de ventilation éprouve une résistance à la traction moins élevée qu'à l'air libre, il est pour ainsi dire poussé par le courant d'air. A des vitesses supérieures à 25 km : heure, la résistance dans le tunnel est plus grande qu'à l'air libre.

La résistance à la traction diminuera certainement, quand le deuxième tunnel, dont la construction est décidée, sera terminé. L'équilibre de pression pourra se faire entre les deux extrémités du train, car les deux tunnels dont les axes seront distants de 17 m, communiqueront par de nombreuses galeries latérales. F. L.

Les radio-phares. — L'administration française des phares vient de faire installer à l'entrée du port de Brest particulièrement dangereux, ainsi que près du Havre, des radio-phares destinés à suppléer, en temps de brouillard, aux indications optiques fournies par les phares en permettant aux marins de repérer la côte.

Ces signaux, que n'arrêtent ni la nuit ni le brouillard, éviteront bien des naufrages et il faut espérer que toutes les nations multiplieront les installations de ce genre.

Le matériel d'émission installé dans le phare et décrit en détail dans le *Génie civil* du 25 janvier, se compose d'un alternateur J. Béthenod permettant d'établir une fois pour toutes la résonance du circuit primaire sur le circuit d'antenne. Cet alternateur, conduit par un moteur à pétrole lampant, fournit du courant alternatif à 125 volts et 1000 p : s. Au-dessus du groupe générateur se trouve un tableau réduit à sa plus simple expression, portant les rhéostats, interrupteurs et appareils de mesure. De là, le courant à 125 volts passe dans un transformateur qui élève sa tension à 10 000 volts. Isolé pour 30 000 volts, ce transformateur est installé dans une armoire vitrée qui met le gardien du phare à l'abri de tout accident. Si, par imprudence, on vient à ouvrir la porte de l'armoire pendant le fonctionnement, le courant primaire est coupé automatiquement par le verrou assurant la fermeture.

Le courant à haute tension travaille sur des condensateurs Moscicki (4 tubes prévus pour résister à 30 000 v) reliés à un éclateur composé d'un tube en laiton et d'un plateau en cuivre; une soufflerie placée au-dessous ventile le tube et le plateau.

L'émission est rendue automatique à l'aide d'un manipulateur Blondel, composé de cames agissant sur des contacts disposés dans le circuit d'*excitation* de l'alternateur, c'est-à-dire qu'il agit sur des intensités très faibles, d'après le procédé de M. Béthenod. L'antenne se compose de 4 fils obliques soutenus par deux câbles fixés au sommet du phare. La portée atteint facilement 20 à 30 kilomètres.

L'électrolyse du béton armé. — M. Brown a énuméré dans *The Electrician* du 6 octobre dernier, une série d'expériences sur le béton armé dont les résultats sont résumés ci-après :

1° Le béton armé devient cassant dans le sens longitudinal des tiges de fer lorsqu'il est exposé à une tension supérieure à 1,5 volt en présence d'eau ; l'effet est produit même si les barres de fer sont distantes de plus de 15 centimètres de la surface du béton. La diminution de la solidité croît constamment avec la durée du courant ;

2° Le béton pur en présence d'eau est attaqué également par une tension de 1,5 volt; la présence d'acides ou de solutions salines accélère la destruction ;

3° Les constructions en fer et les plaques de fondation reposant sur des massifs en béton sont détruites en présence d'eau par les courants positifs ; l'effet destructeur s'étend également aux massifs de béton ;

4° Le béton de ciment Portland perd sa solidité sous l'influence de l'eau de mer ou d'eaux alcalines surtout en présence de courants électriques. Il est nécessaire de tenir compte de cette destruction pour l'établissement des quais devant supporter des grues ou chemins de fer électriques dans les ports de mer;

5° Le béton et la maçonnerie de ciment sont attaqués dans les tunnels par l'eau et la fumée, même sans la présence de courants électriques ;

6° L'effet capillaire en présence de courants électriques suffit à provoquer la destruction de la maçonnerie en béton ;

7° Il n'est pas possible d'obtenir une protection efficace contre l'électrolyse par des revêtements en matériaux imperméables à l'eau, car la maçonnerie est attaquée par l'hydrolise et la désintégration.

L'auteur a poursuivi avec succès des essais portant sur un mélange de 5 parties de ciment Portland, 15 parties de sable, 2 parties de pâte « Starex » et deux parties et demie d'eau. Un cube d'essai plongé dans de l'eau salée et exposé à une tension de 125 volts (continu) n'a présenté aucune trace d'attaque après plusieurs mois. M. A.

Les moteurs à gaz dans les stations centrales électriques. — La *Z. d. V. D. I.*, du 10 août 1912 contient une intéressante étude sur la production de l'énergie par des moteurs à gaz dans les districts rhénans et westphaliens, en Belgique, dans le Nord de la France et en Angleterre. Les gaz envisagés sont ceux provenant de fours à coke ou de hauts fourneaux. Les gaz de fours à coke sont utilisés surtout en Allemagne et très peu en Angleterre et en France. Il en est de même pour les gaz de hauts fourneaux dont l'utilisation décroît de l'Allemagne à la Belgique, la France et l'Angleterre. Quelques usines anglaises emploient les gaz de hauts fourneaux au chauffage de chaudières alimentant en vapeur des machines soufflantes ou des turbines à vapeur à basse pression.

Le type de moteur à gaz le plus répandu est le moteur à quatre temps, double effet et cylindres en tandem. Le type à cylindres jumelés est plus récent ; on en rencontre un spécimen dans la station centrale de la mine Prinz Regent à Bochum, qui contient un moteur à gaz de fours à coke de 3750 kw dont le volant, qui porte la couronne polaire d'un alternateur, pèse 112 tonnes et mesure 6,50 m de diamètre ; le poids de l'arbre à manivelle est de 61 tonnes. On ne rencontre pas en Allemagne de moteurs à gaz verticaux. Un de ces moteurs est en fonctionnement à la station d'Ougrée-Marihaye, en Belgique. Sa puissance est de 350 kilowatts à 300 tours par minute ; il comprend quatre cylindres à simple effet et est accouplé à une dynamo travaillant comme moteur à la mise en marche. Un autre moteur à gaz à quatre temps vertical a été livré par la British Westinghouse C° en 1910, à la station de la Cochrane Iron C° à Cargo-Fleet, près de Middlesborough; il se compose de 6 cylindres à simple effet placés deux par deux l'un au-dessus de l'autre. Sa puissance est de 235 kw à 350 t : m ; la mise en marche a lieu par voie électrique. La Compagnie Deutscher Kaiser à Bruckhausen possède une usine comprenant 4 moteurs à gaz de 2100 kw dont les cylindres ont 1300 mm d'alésage et 1400 mm de course. Cette compagnie se propose d'utiliser prochainement les gaz actuel-

lement sans emploi de 11 hauts fourneaux. Les moteurs existants fournis par la maison Thyssen, à cylindres en tandem, tournent à 94 tours par minute et entraînent des alternateurs triphasés 5300 volts. Les gardiens de tableaux communiquant entre eux pour les diverses manœuvres de mise en parallèle, mise en charge et réglage à l'aide de lampes de différentes couleurs. La même usine possède une soufflerie à gaz dont le cylindre a 1200 mm d'alésage et 1400 de course.

Le réglage des moteurs récents se fait simplement en déplaçant une vanne d'étranglement dans les conduites d'air et de gaz; ce réglage est mixte et agit à la fois sur la composition du mélange gazeux et sur l'admission. De tels moteurs se trouvent en service à la centrale de la mine Pluto de la Compagnie Gelsenkirchen. Les arrivées de gaz et d'air peuvent être réglées à la main en déplaçant un tiroir ou en fermant une vanne afin d'éviter des différences dans la marche, l'allumage, le volume de la chambre de compression des différents moteurs. L'une des extrémités du cylindre porte une vanne de fermeture complète, utilisable lorsque les défauts d'allumage d'un moteur sont trop nombreux. Le réglage de l'arrivée du gaz par une commande à cames n'a pas donné de bons résultats. Le piston est refroidi par un courant d'eau; la question du refroidissement des soupapes d'échappement n'est pas résolue de façon nette.

La plupart des moteurs à gaz des districts rhénaux et westphaliens sortent des ateliers de la Maschinen Fabrik Augsburg, Nürnberg ou Thyssen. Les laminoirs de l'usine métallurgique de Holden possèdent deux moteurs à gaz de 4600 chevaux servant de machines de secours.

L'auteur décrit une série d'usines françaises équipées avec des moteurs à gaz, entre autres les stations centrales des mines de Lens. Les moteurs de la maison Cockerill ne s'exécutent que pour des puissances faibles; quelques maisons anglaises fournissent également des moteurs à gaz. M. A.

Alimentation des chemins de fer électriques de la Haute-Silésie. — La longueur du réseau est de 115 km. Le courant d'alimentation primitif continu 500 volts était fourni par des convertisseurs branchés sur un réseau triphasé à 4800 volts. La création d'une nouvelle station centrale à 6000 volts entraîna la substitution au courant à 500 volts de courant continu à 600 volts, fournis par des commutatrices hexaphasées, placées dans des sous-stations aux nœuds du réseau. La puissance unitaire des commutatrices varie de 175 à 350 kw, leur puissance totale est de 5525 kw. La transformation fit gagner 250 tonnes de cuivre, dont la valeur représentait plus de la moitié des frais d'établissement des nouvelles sous-stations.

Les commutatrices sont reliées au réseau par l'intermédiaire de transformateurs. Le démarrage a lieu par le côté triphasé, sous tension moitié de la normale obtenue en réunissant les bornes triphasées des commutatrices à des prises intermédiaires sur les secondaires des transformateurs. L'interrupteur d'excitation de même que l'interrupteur de l'induit de la dynamo doivent rester ouverts au démarrage. L'interrupteur d'excitation, formant commutateur, est fermé, lorsque le synchronisme est atteint, du côté convenable, qu'indique un voltmètre à deux échelles avec zéro central. L'interrupteur du transformateur relie ensuite la commutatrice aux bornes du transformateur à la tension normale. Le rendement maxima du groupe commutatrice et transformateur est de 89,5 pour 100; le rendement moyen est de 85,8 à 88,2 pour 100. (*E. u. M.*, n° 58, 1912.) M. A.

Le railophone. — Le railophone, ainsi que nous l'avons indiqué, est un dispositif électrique qui permet l'échange de signaux entre les stations de chemins de fer et les trains en marche: en principe, des courants alternatifs circulant dans une ligne posée sur le sol parallèlement à la voie induisent des courants dans une bobine enroulée sur un cadre; primitivement, en 1910, celui-ci était disposé verticalement autour d'une voiture Pulmann et les extrémités du fil sur la voiture étaient reliées à un écouteur téléphonique, à un microphone et à un commutateur dont l'objet était soit d'envoyer dans la bobine les courants téléphoniques, soit, au contraire, de brancher la bobine sur l'écouteur pour la réception des signaux. L'inconvénient de ce premier système résidait dans l'impossibilité de transmettre et recevoir en même temps. Les conducteurs d'aller et retour du circuit fixe étaient supportés par des isolateurs plantés dans les traverses, respectivement entre les voies montante et descendante avec plusieurs croisements pour éviter les perturbations des lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes. Aux stations, le circuit fixe, lui aussi, était relié à un microphone, à un téléphone et à un commutateur. Un progrès a été réalisé au mois d'avril 1911 en ce sens que l'adjonction, sur une même voiture, de deux enroulements logés sous les marchepieds a permis un échange de conversation entre la vigie d'un poste et le mécanicien d'un train, conditions téléphoniques ordinaires, même pour une vitesse du train de 80 km : h. Ces essais ont eu lieu sur la ligne de Stratford-sur-Avon; le câble isolé souterrain courait parallèlement à la voie à 50 cm des rails, sa distance au cadre supérieur était de 2 m. Un signal d'appel complétait cette installation. L'Administration des chemins de fer a, plus tard, désiré faire servir ce même dispositif pour la commande automatique des signaux; le problème a été résolu à l'aide d'un relais à résonance que l'auteur a étudié en commun avec Gisbert Kapp. Ce relais, décrit ici même, (voy. *L'Industrie électrique*, n° 504 du 25 décembre 1912) capte les signaux téléphoniques et les transmet à un deuxième relais à courant fort qui, au moyen d'électro-aimants, actionne des sonneries électriques, des signaux optiques, ou libère des leviers de manœuvre et des freins. Les multiples fonctions de ce relais sont les suivantes : 1° chaque train s'engageant sur une section bloquée reçoit un courant induit qui actionne ses appareils; la vigie reçoit aussi un signal qui dure tant que le convoi est sur la section; alors le levier du signal est verrouillé électriquement et seulement libéré lorsque le train a quitté la section, de sorte que la vigie ne peut jamais laisser pénétrer un deuxième train sur cette section; 2° en cas de danger, la vigie peut arrêter automatiquement le train en un point quelconque de la section; 3° si le train brûle un signal à l'arrêt, il est automatiquement amené au repos par la vigie; 4° dans le cas où deux trains s'engageraient sur la même voie et dans la même section ou iraient à la rencontre l'un de l'autre, ils seraient tous les deux automatiquement amenés au repos. On voit les avantages de ce dispositif au point de vue de la sécurité de la circulation.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Ancenis (Loire-Inférieure). — *Station centrale.* — Un projet d'installation de l'électricité, émanant, croit-on, de la Société Carpentier et Rivière, a été soumis à la municipalité qui l'examinera sous peu.

Arpajon (Cantal). — *Éclairage.* — Une société est, dit-on, sur le point de faire construire une usine sur les bords de la Cère pour l'éclairage électrique de la commune d'Arpajon.

ÉTAT ACTUEL DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DES

VOITURES AUTOMOBILES

Le 13e Salon de l'Automobile et du Cycle, qui s'est tenu au Grand-Palais du 7 au 22 décembre dernier, a accentué la tendance qui se manifeste de plus en plus vers l'éclairage électrique des automobiles par dynamo et accumulateurs dont nous avons souvent signalé les tentatives.

Tandis que l'allumage par magnéto s'est généralisé et se trouve réalisé par des systèmes classiques aujourd'hui, qui restent l'apanage de quelques maisons et que nous avons décrits ici-même au fur et à mesure de leur apparition, l'éclairage électrique était présenté à la dernière Exposition par une quantité respectable d'exposants.

Ainsi qu'on va le voir par cette étude, les systèmes ne manquent pas et leur variété montre que, si la question n'est pas tout à fait au point, c'est qu'elle est difficile à résoudre d'une façon parfaite

L'an dernier à pareille époque (1) nous disions dans ces colonnes que « les solutions simples seront toujours « celles qui auront dans cette industrie le plus de succès; « c'est pour cela que nous pensons que l'avenir est à la « dynamo ordinaire munie d'un régulateur de vitesse « aussi peu compliqué que possible. »

Nos prévisions se sont trouvées confirmées par ce fait que cette année quatre maisons présentaient déjà des dynamos ordinaires à vitesse maintenue constante par un embrayage à glissement.

Rappelons que la dynamo *Stone*, employée depuis de longues années pour l'éclairage électrique des trains, procède par glissement de sa courroie d'entraînement; elle doit son succès à sa simplicité, malgré le mauvais rendement qui résulte de cette disposition.

En dehors du système à glissement nous ne pouvons signaler aucun montage réellement nouveau; toutes les dynamos se ramènent en somme à des machines à réglage par excitation variable, soit par enroulement série démagnétisant, soit par le jeu de la réaction d'induit que l'on a cherché à favoriser. Beaucoup de dynamos ont du reste été calquées sur celles utilisées pour l'éclairage des trains, sans grand effort d'imagination de leurs constructeurs.

Règle générale, les exposants de machines originales jouent « cartes sur table », c'est-à-dire laissent voir tous les organes de leurs dynamos, en donnant les explications demandées par les visiteurs. D'autres, qui empruntent leur régulation à un système déjà existant, qu'ils copient mal d'ailleurs, présentent des dynamos hermétiquement closes et répondent sans broncher, si on leur demande le principe du système, que le réglage est obtenu par des « réactions électromagnétiques », se gardant d'indiquer comment il est réalisé. Heureusement qu'un examen attentif permet de découvrir, dans la plupart des cas, la source de régulation et de voir à quel système il se rattache.

Nous allons passer en revue les principales machines exposées que, pour plus de commodité, nous avons classées suivant le procédé qu'elles utilisent, ainsi que l'indique le tableau ci-dessous.

CLASSIFICATION DES DYNAMOS D'ÉCLAIRAGE

A GLISSEMENT.	A EXCITATION VARIABLE.	A RÉACTION D'INDUIT FAVORISÉE.	A ENROULEMENT DÉMAGNÉTISANT.	A RÉGULATEUR ÉLECTRIQUE.	A COURANT REDRESSÉ OU ALTERNATIF.
Grada Patineuse Auteroche	Iglésis Price Farelec	C. A. V. Brolt Leitner (Ducellier) Française électrique	Phi (Blériot) Grouvelle et Arquembourg La Valette-Eisemann Rushmore	Eyquem Renaud Gabreau Marx Gallay Barrié (Phar) de Mey.	Becker Mira Ford Lutèce

DYNAMOS A GLISSEMENT. — *Dynamo Grada.* — La première machine que nous rencontrons dans cette catégorie est la dynamo Grada (système Gray et Davis); elle se compose d'une dynamo ordinaire dans laquelle on a intercalé une sorte d'embrayage ou mieux de débrayage à friction et à plateaux entre la poulie et l'induit. Ce débrayage est muni d'ailettes pour le refroidissement, il est commandé par un système à force centrifuge formé de deux masses calées sur l'arbre de l'induit rappelées par des ressorts qui s'écartent à partir d'une certaine vitesse en provoquant le desserrage de l'embrayage. Il en résulte que, si la vitesse de la poulie va en croissant, à partir d'une certaine valeur de cette vitesse, déterminée par la tension des ressorts, le débrayage fonctionne en maintenant la dynamo à une vitesse constante.

On se trouve ainsi ramené au cas d'une dynamo ordinaire, chose très avantageuse au point de vue de la conservation de la machine et de la commutation.

Un conjoncteur-disjoncteur, manœuvré également par la force centrifuge, sert à relier au moment voulu la dynamo avec la batterie.

On peut objecter que le débrayage doit s'échauffer lorsque la différence de vitesse des plateaux est grande, mais il résulte d'essais de marche continue pendant 300 heures (la commande tournant à 3000 tours par minute et la dynamo à 1200 t : min.) que les plateaux n'ont donné lieu qu'à une élévation de température de 35°, grâce à la ventilation procurée par les ailettes.

Dynamo « la Patineuse ». — Cette dynamo (fig. 1), comporte, en dehors des organes normaux d'une machine à courant continu, une poulie régulatrice spéciale (fig. 2)

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 484, du 25 février 1912, p. 81.

qui assure à l'induit une vitesse constante, quelle que soit l'allure du moteur conduisant la poulie.

Ce réglage, purement mécanique, est très robuste et très efficace ; il est réalisé pratiquement par une sorte de frein contenu dans la poulie.

Une partie cylindrique en acier A (fig. 2), formant poulie, est montée sur l'arbre de l'induit par l'intermédiaire de roulements à double rangée de billes. La poulie A reçoit par une courroie son mouvement du moteur ;

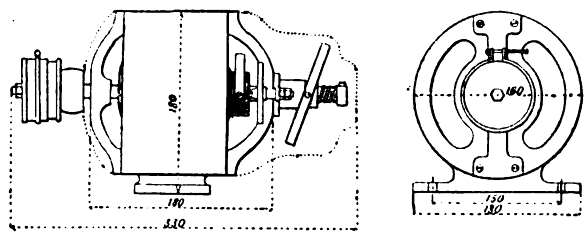


Fig. 1. — Dynamo « la Patineuse ».

elle le transmet à l'arbre par une pièce ressemblant à un frein, formée de sabots S maintenus pressés par un collier en deux pièces C, qui est serré par des ressorts R sur le cylindre prolongeant la poulie. Ces sabots communiquent le mouvement à l'arbre de la dynamo au moyen d'ergots E solidaires d'un plateau P faisant corps avec l'arbre. L'intérieur de la poulie A est garni d'un réservoir d'huile servant à lubrifier les sabots, l'orifice de ce réservoir est bouché par la vis V.

Fonctionnement. — Dès que le moteur de la voiture est mis en marche, il entraîne la poulie A, qui communique à l'induit le mouvement qu'elle reçoit. Si la vitesse croît au delà d'une certaine valeur, la force centrifuge agit sur les sabots S, qui tendent à écarter le collier en deux

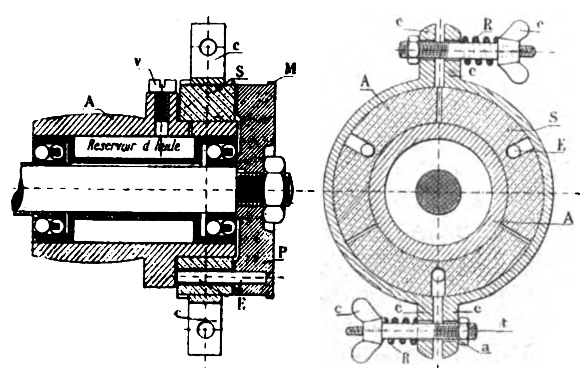


Fig. 2. — Poulie régulatrice.

pièces qui les maintient ; il se produit un glissement et un équilibre entre le couple résistant et le frottement de glissement que fait varier la force centrifuge. Il suffit donc de régler la tension des ressorts R à l'aide des écrous *e* pour maintenir telle vitesse que l'on désire.

Le conjoncteur-disjoncteur est constitué par un volant incliné calé sur l'arbre de l'induit qui se redresse en marche sous l'action de la force centrifuge (fig. 1) en établissant un contact reliant la dynamo aux accumulateurs.

Tous ces organes, très simples, obéissent à l'action d'une force bien connue par ses effets et sûre, qui est la force centrifuge ; les ratés sont donc peu à craindre. De plus la dynamo tournant à vitesse constante, ses roulements et son collecteur s'usent peu.

Dynamo Auteroche. — Quoique possédant une poulie à embrayage du genre de la précédente, cette dynamo est plutôt à puissance constante qu'à vitesse constante. Elle possède un réglage par ressorts qui fait glisser la machine dès que le couple résistant dépasse une valeur donnée. Cette solution est intéressante, mais nous paraît moins générale que celle donnée par les deux premières dynamos dans lesquelles la vitesse est maintenue constante. Il est facile de voir en effet qu'avec une machine à puissance constante, on devra toujours marcher en parallèle avec une batterie ; car si la dynamo est seule ou ne travaille que sur une ou quelques lampes donnant lieu à une faible charge, on brûlera inévitablement ces dernières, puisque le débrayage n'agit que sous l'effet du couple résistant, trop petit dans ce cas pour modérer l'allure.

Dynamos a excitation variable. — Les machines de cette catégorie donnent, en somme, sans régulateur la solution du problème ; la seule chose que l'on puisse objecter est que la commutation doit être difficile lorsque le champ est par trop affaibli, mais la plupart des constructeurs ont très habilement tourné la difficulté par une construction spéciale de leurs dynamos.

Dynamo Iglésis. — La première machine de cette classe est la dynamo Iglésis et Régner (fig. 3) que nous avons décrite ici même [1] et dont nous rappellerons le principe.

Soit une dynamo à excitation shunt, à inducteur mobile

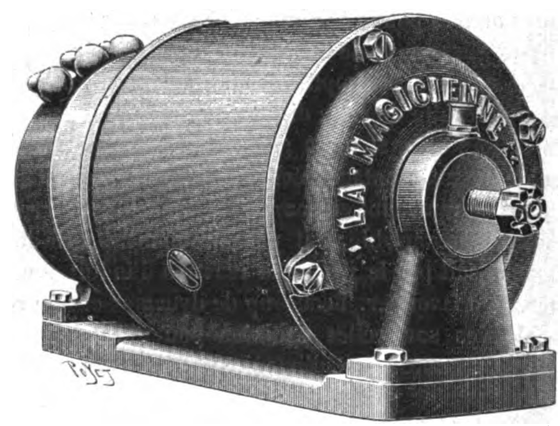


Fig. 3. — Dynamo Iglésis et Régner.

autour de l'arbre mais maintenu dans sa position normale par un poids ou la tension d'un ressort, comme dans les dynamos-frein. Si l'on communique à l'arbre une vitesse croissante, la dynamo s'excite ; un couple s'exerce entre l'induit et l'inducteur, tendant à entraîner

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 410 du 25 janv. 1908, p. 32.

ce dernier si la vitesse augmente. MM. Iglésis et Régner mettent à profit ce mouvement pour déplacer un balai sur le collecteur; ce balai communique à l'enroulement inducteur une tension variable, fonction de son déplacement angulaire.

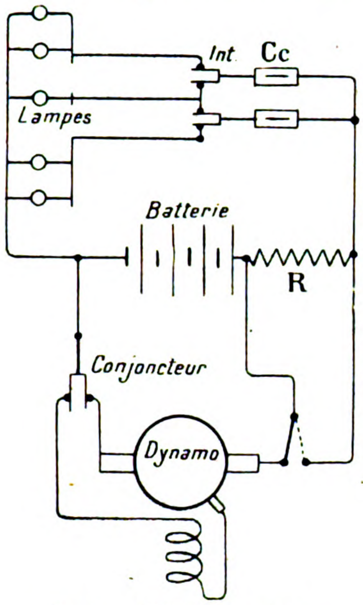


Fig. 4. — Schéma du montage.

On arrive ainsi à diminuer le courant d'excitation et à maintenir constante la tension.

MM. Iglésis et Régner, qui ont étudié à fond le problème de l'éclairage des voitures (à l'inverse de la plupart des exposants), ont prévu une résistance de compensation intercalée automatiquement par leur machine dans le circuit des lampes (fig. 4) sitôt que la batterie est mise en charge; on évite ainsi de brûler les filaments par une tension croissante. Ajoutons que le même mouvement de l'inducteur manœuvre le conjoncteur-disjoncteur de la batterie.

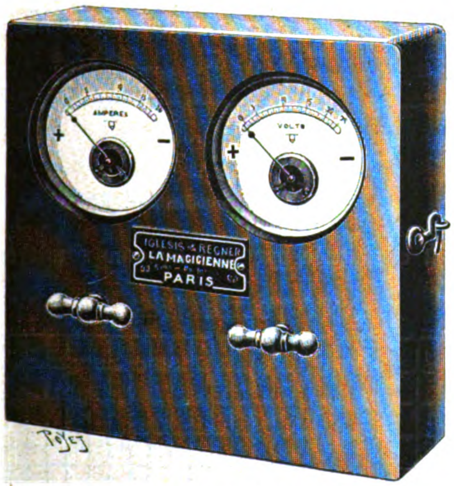


Fig. 5. — Tableau de commande.

Dynamo Price. — Au lieu de faire déplacer l'inducteur, c'est l'induit qui change de position par rapport au champ dans la dynamo Price.

L'inducteur n'offre rien de particulier. L'induit peut se déplacer sur son arbre, en suivant une rampe hélicoïdale; un fort ressort à boudin s'oppose à ce déplacement (fig. 6).

Le collecteur est formé de deux parties. Dans l'une d'elles, les lames occupent la place ordinaire; dans l'autre, elles sont disposées en biais, en sorte que les balais peuvent, si l'induit se déplace longitudinalement, venir

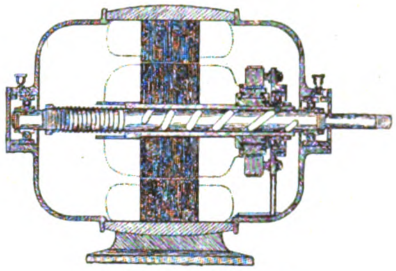


Fig. 6. — Dynamo Price.

en contact avec telle ou telle section de l'induit. En somme on a cherché à provoquer un décalage des balais sur le collecteur, ces balais restant fixes. En réalité, les deux balais principaux appuient sur le collecteur ordinaire, sauf le balai d'excitation qui frotte sur la partie en biais.

Si l'on met l'induit en marche, la dynamo s'amorce en machine shunt; puis, par l'action du couple qui s'exerce entre l'inducteur et l'induit, ce dernier se déplace en glissant sur la rampe hélicoïdale et le balai d'excitation vient en contact avec le collecteur oblique. Grâce à l'action du ressort antagoniste, ce déplacement est fonction du couple résistant, en sorte que, comme dans la dynamo précédente, on a une tension à peu près constante malgré les variations de vitesse.

Le système forme conjoncteur automatique, car au repos les balais principaux appuient sur une bague isolante; ce n'est que dès que le moteur actionne l'induit que, ce dernier se vissant, ils viennent en contact avec le collecteur.

Dynamo Farelec. — Cette machine est caractérisée par l'emploi d'un shunt magnétique mobile formé d'une traverse en fer qui est attirée par le système inducteur dès que la dynamo s'amorce. Le mouvement de cette armature est utilisé pour manœuvrer un conjoncteur-disjoncteur. Un enroulement parcouru par le courant total est disposé sur la traverse en fer; si l'intensité augmente, l'attraction de la palette se trouve modifiée et la réluctance du circuit varie. On arrive ainsi à dériver une partie du flux des inducteurs et à combattre l'accroissement de tension provenant d'une augmentation de la vitesse.

Dynamos a réaction d'induit favorisée. — *Dynamo C. A. V.* — Nous avons déjà décrit cette machine, nous en reproduisons le schéma (fig. 7). Ainsi qu'il est facile

de le voir, cette dynamo a beaucoup de points communs avec une autre machine de construction plus ancienne à réaction d'induit favorisée.

Dans la dynamo C. A. V. l'inducteur porte entre ses pôles principaux deux autres épanouissements polaires

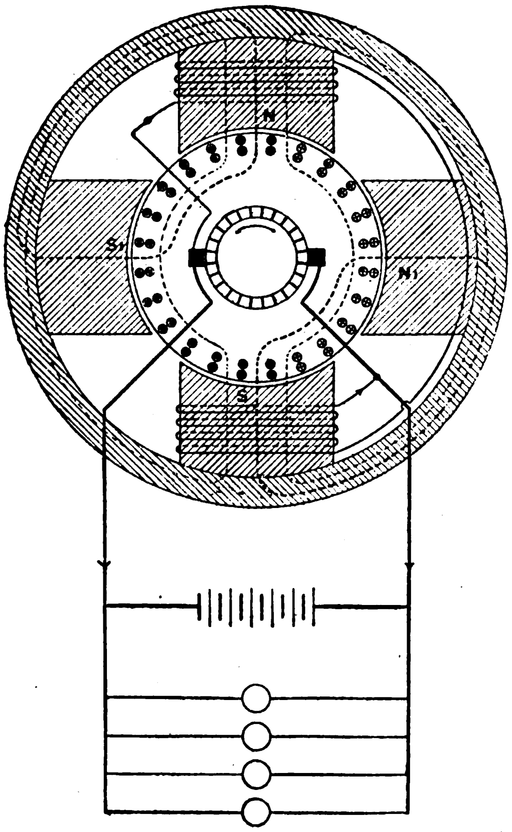


Fig. 7. — Dynamo C. A. V.

non pourvus de bobines qui viennent en quelque sorte capter le flux de réaction d'induit, lequel tend à affaiblir le champ principal. Des balais mettant en court-circuit plusieurs sections, au dire des constructeurs, favorisent encore la formation du flux de réaction [1].

La particularité la plus curieuse du système est l'absence de conjoncteur-disjoncteur. L'induit, monté sur billes, est accouplé par une roue libre avec sa poulie. A l'arrêt du moteur, il continue à tourner, mais les frottements étant réduits, la dépense de courant est, parait-il, très faible; si le moteur reprend sa vitesse normale, la roue libre fonctionne et l'induit se trouve entraîné.

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 452, 1910, p. 477.

Dynamo Brolt. — Exploitée par la maison Besnard, cette machine ressemble beaucoup à la précédente. Notons ici une tendance plus franche à la mise en court-circuit de sections de l'induit par l'emploi de 4 babais

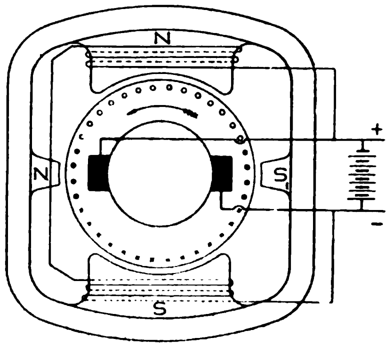


Fig. 8. — Dynamo Brolt.

réunis deux à deux ou de deux balais très larges (fig. 8). Le flux de réaction ainsi produit s'échappe facilement par des épanouissements polaires non bobinés et vient contre-balancer le flux principal.

Dynamo Leitner. — Exposée par Ducellier, cette machine a été décrite en détail l'an dernier. Rappelons

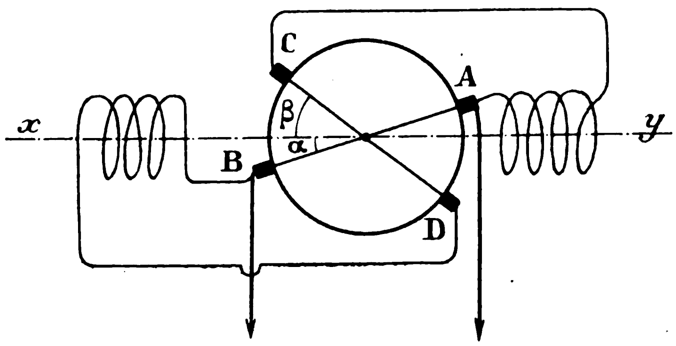


Fig. 9. — Dynamo Leitner.

qu'elle est constituée par une dynamo shunt ordinaire puisant son excitation sur le collecteur par deux balais C, D disposés entre les balais principaux. En marche, la réaction d'induit amène le déplacement de la ligne neutre, ce qui provoque une excitation variable de la machine (fig. 9).

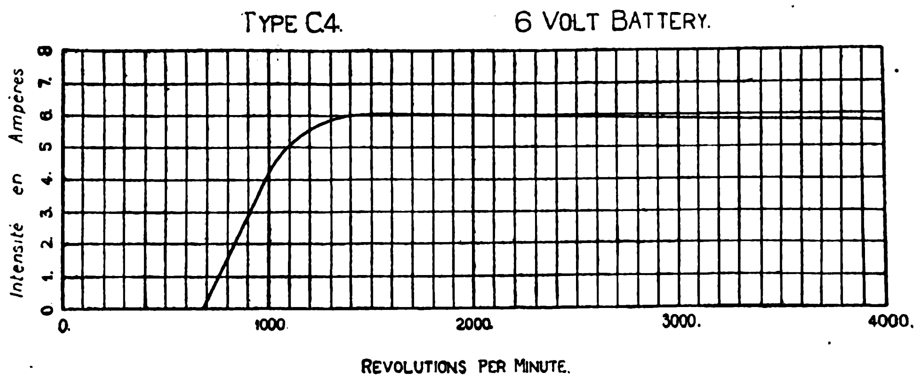


Fig. 10. — Courbe du courant produit par les machines ci-dessus.

La *Française électrique* exposait non loin de là une machine que l'on peut rattacher facilement à la précédente.

Dynamos a enroulement démagnétisant. — De toutes les solutions celle par enroulement série démagnétisant est certainement la plus ancienne et la plus simple. Nous en avons noté quatre cette année; attendons-nous à en voir un nombre respectable d'ici peu, car cette méthode n'exige pas grand effort d'imagination ou de fabrication. Ce n'est pas la plus mauvaise, loin de là; car nous l'avons souvent dit, dans cette application, c'est la solution la plus simple qui a le plus de chance de réussir.

Dans cette classe nous trouvons : la *dynamo « Phi »* (Blériot), la dynamo *Grouvelle et Arquembourg*, la dynamo *La Valette-Eiseman* et enfin la dynamo *Rushmore*. Cette dernière machine présente une particularité curieuse que nous avons signalée l'an dernier [1] et que nous rappelons.

Dans cette machine l'enroulement série démagnétisant est shunté par une résistance en fer dans l'hydrogène. Il en résulte que, dès que le courant fourni par la machine tend à dépasser un certaine chiffre, la résistance s'échauffe et sa valeur augmente rapidement avec la température. La résistance forme ainsi écran, en obligeant le courant à traverser l'enroulement série démagnétisant qui provoque aussitôt un abaissement de tension.

Dynamos a régulateur électrique. — Au premier rang de ces machines il convient de citer l'ancienne dynamo *Evquem*, à rhéostat d'excitation commandé par un régulateur centrifuge. Depuis quelque temps cette maison emploie un procédé plus simple : il consiste à prendre une dynamo shunt quelconque et à insérer dans son circuit d'excitation un organe appelé régulateur, qui se résume à un trembleur analogue à un mouvement de sonnerie, lequel interrompt périodiquement le courant d'excitation entre deux contacts en charbon. Si la tension fournie par la dynamo tend à augmenter, le courant d'excitation augmente également en rendant plus fréquent le fonctionnement de l'interrupteur.

Dynamos Renaud et Gabreau. — Dans ces machines on utilise un principe analogue à celui du régulateur Tirill bien connu pour son emploi dans les stations centrales. Un trembleur met en court-circuit le rhéostat d'excitation à intervalles plus ou moins rapprochés. Dans le système Gabreau, on intercale le trembleur dans le circuit magnétique du conjoncteur-disjoncteur, en sorte que, suivant l'intensité du courant dans l'enroulement série de ce dernier, le trembleur vibre plus ou moins rapidement. La rupture se fait dans l'huile à l'intérieur d'un petit réservoir hermétique monté sur l'appareil.

Dynamo Marx. — Dans cette machine on utilise le courant entre deux limites réglées par la force centrifuge. Dans ce but un ressort à lame entraîné par l'arbre vient appuyer contre un contact à partir d'une certaine vitesse, il établit alors la liaison de la dynamo avec la batterie; puis, la vitesse augmentant, une deuxième lame chassée par la force centrifuge coupe le courant qui pourrait devenir

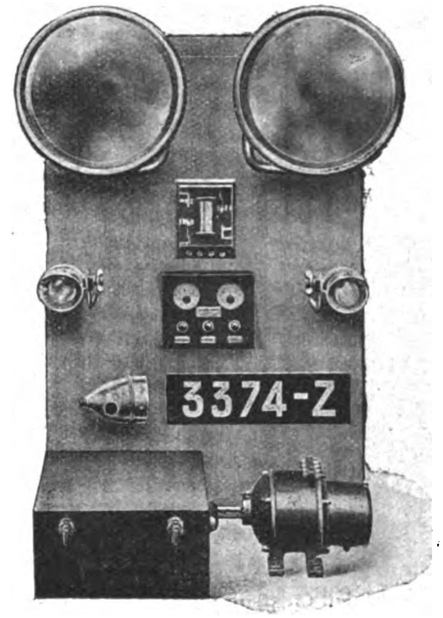


Fig. 11. — Équipement complet d'une voiture (système Phar).

trop intense. C'est une solution simple mais incomplète, à notre avis.

Dynamo Gallay. — De principe analogue, mais construite par les ateliers Oerlikon, cette machine comporte un régulateur commandé par la force centrifuge, introduisant des résistances dans l'excitation, différant cependant comme réalisation de celui des anciennes dynamos Eyquem, mais remplissant le même but.

Dynamo Phar. — Une dynamo shunt ordinaire est reliée à la batterie par l'intermédiaire d'un conjoncteur à deux contacts. L'électro du conjoncteur, étant monté en dérivation sur les bornes de la machine, attire tout d'abord, dès que le tension est suffisante, une armature reliant la dynamo à la batterie; cette dernière se charge. Puis, si la tension augmente, une deuxième armature réglée beaucoup plus dure que la première est attirée à son tour et insère une résistance dans l'excitation.

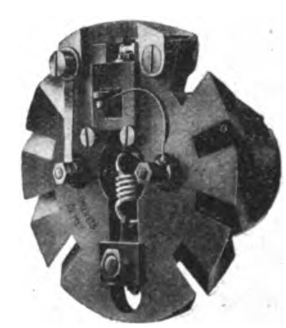


Fig. 12. Conjoncteur-ventilateur de Mey.

Dynamagnéto (de Mey). — Comme son nom l'indique, cette machine procède à la fois de la magnéto et de la dynamo; elle ressemble extérieurement à une magnéto dont les aimants reçoivent deux bobines d'excitation à fil fin. A l'induit est un tambour ordinaire qui fournit du

[1] Voy. l'*Industrie Electrique* n° 493 du 10 juillet 1912, p. 309.

courant à faible vitesse grâce à la présence des aimants; en même temps la machine s'amorce, en sorte qu'elle peut charger la batterie dès que le moteur l'entraîne. Si la vitesse augmente, la tension croît également et provoque

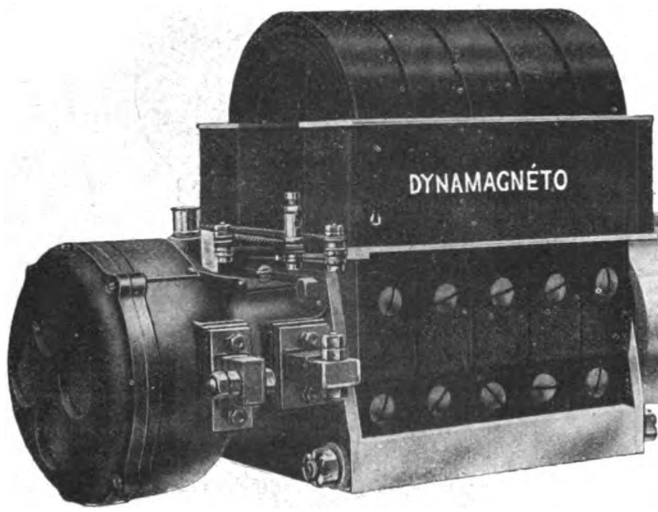


Fig. 13. — Dynamo de Mey.

le fonctionnement d'un disjoncteur qui coupe l'enroulement en dérivation; à ce moment la machine fonctionne simplement en magnéto. Un conjoncteur centrifuge monté sur un volant faisant office de ventilateur, couple les accumulateurs en temps utile.

Dynamos a courant redressé. — La solution par le courant redressé, que nous avons indiquée depuis longtemps, trouvait à la dernière exposition deux adeptes, et il est probable que l'on en verra d'autres surgir encore, étant donnée la simplicité du procédé.

La dynamo *Becker* n'est en somme qu'un alternateur muni d'un collecteur à coquilles analogue à celui utilisé par Ganz autrefois pour l'excitation de ses alternateurs.

La *Magnétolite* ou *Mira* diffère de la précédente en ce qu'on a pris une simple magnéto contenant un induit à 8 sections bobinées d'une façon analogue à celles des machines Brush. Ces machines n'ont pas une grande puissance, car la magnétolite exposée ne pouvait fournir que 30 à 35 watts; il semble qu'elles sont moins avantageuses, à volume et à poids égal, que les dynamos proprement dites dont la puissance massique a été poussée aujourd'hui à l'extrême limite.

Dynamo Ford. — Les voitures Ford sont munies d'un alternateur à grand nombre de pôles constitués par des aimants donnant un courant alternatif à fréquence variable. En insérant une self dans le circuit des lampes, on peut obtenir un courant sensiblement constant, la chute de tension dans l'alternateur ainsi que dans la self dépendant du terme ωL et par suite de la fréquence.

La même remarque s'applique à la dynamo *Lutèce* qui comporte quatre aimants mobiles tournant devant les bobines fixes.

Commande des dynamos. — La plupart des machines sont commandées par courroies et se montent sur le marchepied ou sur le châssis; d'autres portent un galet que l'on peut faire appuyer sur le volant du moteur. Il est facile au conducteur d'embrayer ou de débrayer la dynamo sans quitter son poste, rien qu'en agissant sur une manette comme l'indique la figure 14. Un tableau avec ampèremètre, voltmètre, boutons de manœuvre complète en général l'installation (fig. 5, 11 et 14).

Conclusion. — Ainsi qu'on vient de le voir, les solutions de l'éclairage électrique des voitures sont nombreuses, il n'y a que l'embarras du choix. Malheureusement tous les systèmes ne sont pas également bien étudiés et nous craignons que la mise en service de certains d'entre eux encore imparfaitement au point ne vienne jeter un discrédit sur l'éclairage électrique des voitures, éclairage qui existe et peut donner d'excellents résultats lorsqu'il est judicieusement organisé.

Nous avons remarqué que la plupart des constructeurs n'ont attaché qu'une importance minime au conjoncteur-

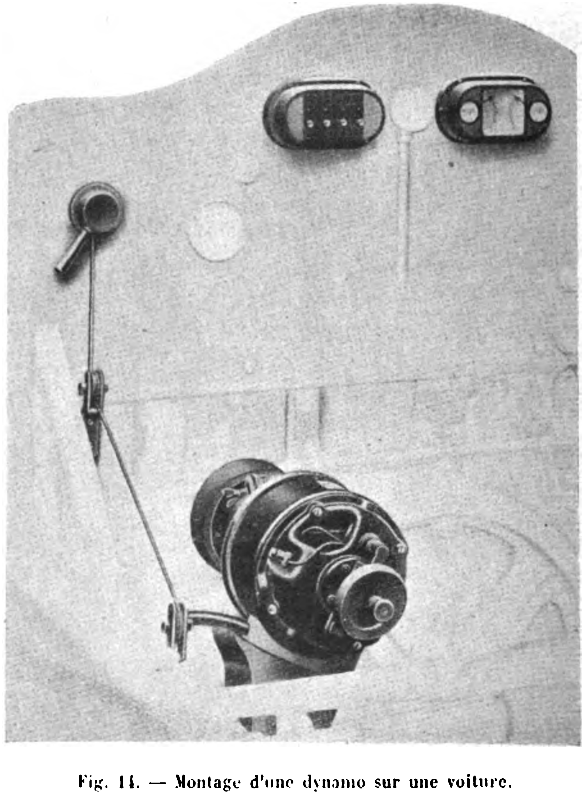


Fig. 14. — Montage d'une dynamo sur une voiture.

disjoncteur destiné à relier la machine à la batterie; certains emploient des systèmes plus que rudimentaires, qui restent en prise dès qu'une inversion de courant un peu forte tend à se produire. Il y aurait cependant lieu de protéger d'une façon plus efficace la batterie contre

les retours de courant, car la détérioration rapide des accumulateurs, qui en résulte, décourage vite le possesseur. De même on n'a le plus souvent pas songé à compenser l'élévation de tension qui se produit aux bornes des éléments lorsqu'ils sont en charge; les lampes, que l'on laisse généralement branchées aux bornes des batteries, reçoivent ces variations, lentes c'est vrai, mais qui poussent et abîment rapidement le filament. L'inconvénient est, cependant, atténué avec les lampes à filament métallique dont la résistance augmente avec la température, mais il n'en existe pas moins.

Tel est en quelques lignes l'état actuel de l'éclairage des voitures automobiles. Il prend, on le voit, un essor remarquable; souhaitons-lui bonne chance.

A. SOULIER.

LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(SUITE) [1]

ÉCHAUFFEMENT. — RENDEMENT. — COSINUS φ. — *Pertes dans le cuivre* :

Longueur moyenne d'une spire : 55 cm².

Résistance de la bobine à chaud :

$$\frac{2 \times 850 \times 55 \times \overline{10}^6}{0,058} = 1,6 \text{ ohm.}$$

Perte ohmique : 40 watts.

Pertes dans le fer :

Volume de fer : 7 dm³.

Pertes par hystérésis : 110 watts.

Pertes par courants de Foucault : 15 watts.

On peut appeler *Rendement d'une bobine de self-induction*, le rapport de la puissance apparente à la somme de la puissance apparente et des pertes. Ce rendement serait ici de :

$$\frac{5000}{5000 + 40 + 125} = \frac{5000}{5165} = \text{environ } 97 \text{ pour } 100.$$

La surface de la bobine à elle seule étant de 32 dm² est suffisante pour assurer le refroidissement du système, à raison de 5 watts par dm². En réalité, telle qu'elle est prévue, la bobine serait un peu trop grosse et ne chaufferait pas beaucoup.

Mais, comme nous l'avons déjà dit, il est utile de prévoir une augmentation de l'induction dans le fer, qui augmenterait le chiffre précédent et nous pourrons nous en tenir à ce résultat.

Le cos φ *de la bobine* est égale à la puissance absorbée, 165 watts, divisée, par *la puissance apparente*, laquelle est :

$$\sqrt{\overline{5000}^2 + \overline{165}^2} = 5002,7.$$

Le cos φ est donc $= 0,033$.

Le sin φ — $= 0,9995$. Le courant est presque décalé de 90°.

Nous venons d'établir les cos et sin φ en nous servant des puissances; mais voyons de plus près ce qui se passe.

L'hystérésis et les courants de Foucault ont pour effet d'exiger dans l'enroulement un afflux d'intensité en phase, qui sous la tension de 1000 volts est de

$$\frac{125}{1000} = 0,125 \text{ ampère.}$$

L'intensité totale sera donc :

$$\sqrt{\overline{5}^2 + \overline{0,125}^2} = 5,0016 \text{ ampères.}$$

La résistance ohmique étant de 1,6 ohm, les 5 ampères donneront lieu à une chute ohmique de 8 volts, presque en quadrature avec les 1000 volts dus à l'induction. Si la quadrature était parfaite, la tension totale aux bornes serait

$$\sqrt{\overline{1000}^2 + \overline{8}^2} = 1000,03 \text{ volts.}$$

Et la puissance apparente :

$$1000,03 \times 5,0016 = 5001,6.$$

Mais, en réalité, la chute ohmique n'est pas complètement en quadrature avec la force électromotrice induite,

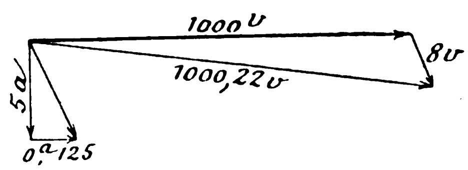


Fig. 45.

puisque l'intensité totale qui détermine cette chute ohmique est légèrement décalée par rapport à l'intensité magnétisante (fig. 45); il en résulte que la tension aux bornes est exactement 1000,22 volts, et nous retrouvons ainsi la valeur de 5002,7 watts pour la puissance apparente.

On voit, par cet exemple, que la considération des puissances réelle et magnétisante conduit plus rapidement et sûrement au résultat que celle des courants et tensions.

Influence de l'hystérésis. — D'autre part, nous pouvons profiter de cet exemple pour nous rendre compte du mécanisme de l'influence de l'hystérésis On sait que, lorsque la force magnétisante croît, l'induction prend

[1] Conférences de M. BOUCHEROT. Voy. *L'Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov. 1912, p. 485; n° 502 du 25 nov., p. 514; n° 504 du 25 déc., p. 555; n° 505 du 10 janvier 1913, p. 9, et n° 506 du 25 janvier 1913, p. 28.

une valeur moindre, à égalité de force magnétisante, que celle qu'elle conserve lorsque la force magnétisante décroît, et cela quel que soit le temps que l'on accorde à l'induction pour s'établir. Cette différence de valeur qui, pour des variations infiniment lentes, ne correspond à aucun retard dans le temps, donne lieu, au contraire,

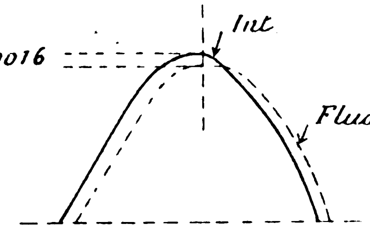


Fig. 46.

lorsque les variations sont périodiques, à un retard de flux sur l'intensité (fig. 46).

Plus exactement, le flux passe par des valeurs nulles après que l'intensité a été nulle, mais le maximum du flux se produit à la même époque que le maximum de l'intensité.

On a approximativement : $1000 . 5 . \sin \psi = 110$. Donc, pour les valeurs nulles, le retard du flux sur l'intensité est angulairement $\frac{0,110}{5}$ radian, soit 1,25 degré, et dans le temps $\frac{1}{14000}$ de seconde.

Si la fréquence était de 100 p:s, l'intensité conservant la même valeur maxima, le retard angulaire serait le même, mais le retard dans le temps serait moitié $\left(\frac{1}{28000}\right)$ de seconde.

Influence des courants de Foucault. — Cette influence est analogue, quoique un peu plus complexe. On peut envisager les courants comme circulant dans un grand nombre de petits circuits secondaires et produisant ainsi deux effets : 1° Un appel de puissance réelle dans le primaire, c'est-à-dire dans le circuit principal de la bobine. Cette puissance réelle peut être considérée comme résultant, soit d'une intensité active se superposant à l'intensité magnétisante, soit d'une force contre-électromotrice en phase se composant avec la f. é. m. d'induction. Nous répétons qu'une manière de voir est aussi légitime que l'autre.

2° Une diminution de flux pour un courant donné circulant dans la bobine, c'est-à-dire une diminution de self-induction. Cette diminution est peu importante pour la fréquence normale de 50 p:s; il n'en serait pas de même pour des fréquences élevées.

Cette question présentant un certain intérêt, nous allons l'examiner d'un peu plus près et nous verrons, en même temps, dans quelle mesure la formule que nous avons établie pour la puissance dissipée par courants de Foucault est légitime.

Supposons une portion de circuit magnétique formée d'une tôle — dénuée d'hystérésis — d'épaisseur $2h$, dans laquelle le flux sera parallèle à OZ (fig. 47). Supposons cette tôle enveloppée d'une spire sans résistance

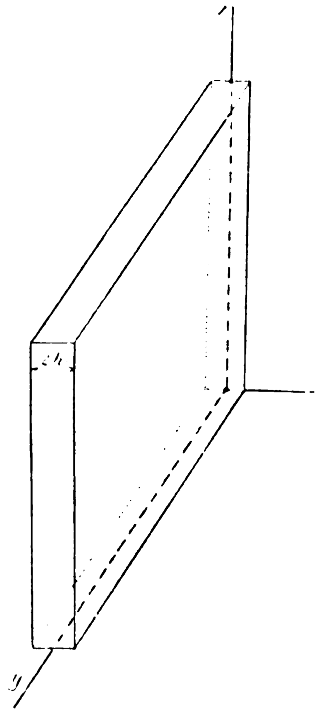


Fig. 47.

propre, dont le plan est xoy, le reste du circuit étant sans réluctance.

Soient, x la distance d'un point quelconque au plan médian de la tôle.

j, la densité de courant en ce point (courant parallèle au plan de la tôle et normal au flux);

μ, la perméabilité *supposée constante* de la tôle;

$\mathcal{B}$, l'inducion au même point;

ω, la pulsation.

La théorie de Maxwell conduit à la relation :

$$\frac{d^2 j}{dx^2} = 4 \pi \mu c \frac{dj}{dt},$$

qui, intégrée, donne dans le cas présent :

$$j = J_1 \left\{ e^{-b(h+x)} \cos [\omega t - b(h+x)] - e^{-b(h-x)} \cos [\omega t - b(h-x)] \right\}$$

avec $b = \sqrt{2 \pi \mu c \omega}$

J_1 étant une constante.

A la surface d'un côté ($x = h$) :

$$j_s = J_1 [e^{-2bh} \cos (\omega t - 2bh) - \cos \omega t]$$

A la surface de l'autre ($x = h$) : $j'_s = j_s$;

Dans le plan médian ($x = 0$) : $j_0 = 0$.

La force électromotrice en chaque point est $e = \frac{j}{c}$;

pour tout le contour de la tôle, pour chaque centimètre de largeur normalement à la dimension $2h$ (suivant y), et par conséquent dans la spire, la force électromotrice est donc :

$$\frac{2j_s}{c} = \frac{2J_1}{c}\left[\cos \omega t - e^{-2bh} \cos(\omega t - 2bh)\right]$$

Il nous faut maintenant connaître le courant dans cette spire.

La composante U du potentiel vecteur est définie par $e = -\frac{dU}{dt}$ et l'induction $\mathcal{B}$ au point x est donnée par $\mathcal{B} = -\frac{dG}{dx}$.

En effectuant il vient :

$$U = -\frac{J_1}{\omega c}\Big\{ e^{-b(h+x)} \sin.[\omega t - b(h+x)] - e^{-b(h-x)} \sin[\omega t - b(h-x)]\Big\}$$

et

$$\mathcal{B} = \frac{2\pi\mu J_1}{b}\Big\{ e^{-b(h+x)}\big\{\sin[\omega t - b(h+x)] + \cos[\omega t - b(h+x)]\big\} + e^{-b(h-x)}\big\{\sin[\omega t - b(h-x)] + \cos[\omega t - b(h-x)]\big\}\Big\}$$

A la surface de la tôle on a ($x = h$ et $x = -h$) :

$$\mathcal{B}_s = \frac{2\pi\mu J_1}{b}\Big\{\sin \omega t + \cos \omega t + e^{-2bh}[\sin(\omega t - 2bh) + \cos(\omega t - 2bh)]\Big\}$$

et dans le plan médian ($x = 0$) :

$$\mathcal{B}_0 = \frac{4\pi\mu J_1}{b} e^{-bh}[\sin(\omega t - bh) + \cos(\omega t - bh)].$$

Pour donner une idée des variations des maxima de la densité et de l'induction dans l'épaisseur, nous avons porté celles-ci en courbes dans la figure 48 pour des tôles de 0,4 mm, 1 mm et 5 mm d'épaisseur et pour la fréquence 50.

Les courbes en traits pleins représentent la répartition de l'induction maxima (dans le temps). Les courbes en pointillé, la densité de courant maxima (dans le temps).

On voit que, même à la fréquence 50, l'influence des courants de Foucault est considérable dans la tôle de



Fig. 48.

5 mm, et seulement négligeable pour la tôle de 0,4 mm. (μ a été supposé égal à 1600).

L'induction à la surface de la tôle est évidemment celle qui existerait dans toute la masse s'il n'y avait pas de courants de Foucault ; il en résulte pour le courant dans la spire :

$$\frac{J_1}{2b}\Big\{\sin \omega t + \cos.\omega t + e^{-2bh}[\sin(\omega t - 2bh) + \cos(\omega t - 2bh)]\Big\}$$

En appelant R la résistance fictive créée dans la spire par la réaction des courants de Foucault, Λ_a la self-inductance de cette spire et S sa réactance, on déduit facilement :

$$R = \frac{2b}{c}\,\frac{1 - 2e^{-2bh}\sin 2bh - e^{-4bh}}{1 + 2e^{-2bh}\cos 2bh + e^{-4bh}}$$

$$S = \omega\Lambda_a = \frac{2b}{c}\,\frac{1 + 2e^{-2bh}\sin 2bh - e^{-4bh}}{1 + 2e^{-2bh}\cos 2bh + e^{-4bh}}$$

La self-inductance Λ_c déduite du flux donné par un courant continu serait évidemment :

$$\Lambda_c = 8\pi\mu h.$$

On déduit de là aisément :

$$\frac{\Lambda_a}{\Lambda_c} = \frac{1}{2bh}\,\frac{e^{2bh} - e^{-2bh} + 2\sin.2bh}{e^{2bh} + e^{-2bh} + 2\cos.2bh}$$

$$\frac{R}{S} = \frac{e^{2bh} - e^{-2bh} - 2\sin.2bh}{e^{2bh} - e^{-2bh} + 2\sin.2bh}$$

	$2h$	fréquence	$\frac{\Lambda_a}{\Lambda_c}$	$\frac{R}{S}$	$\omega\Lambda_a = \Lambda_c \times R$	$= \Lambda_c \times$
Tôles fines.	$2h = 0{,}04$	50	0,985	0,071	310	22
	—	150	0,95	0,25	890	265
	—	500	0,6	0,69	1880	1300
	—	1550	0,25	0,94	2100	2000
Tôles épaisses.	$2h = 0{,}5$	50	0,12	1	58	58

On voit par ces quelques chiffres combien la résistance et la self-inductance d'une bobine à fer changent avec la fréquence.

Déformation par la saturation. — Il résulte de ce que nous avons vu au sujet de l'hystérésis, que, même lorsqu'on ne dépasse pas les inductions raisonnables, les

sinusoïdes sont légèrement déformées, puisque les maxima ne se produisent pas à la même époque pour le flux et l'intensité.

Lorsque l'on emploie des inductions très élevées, les déformations deviennent très importantes.

Soit (fig. 49) la courbe d'hystérésis de tôles employées pour un circuit magnétique complètement fermé. 1° Sup-

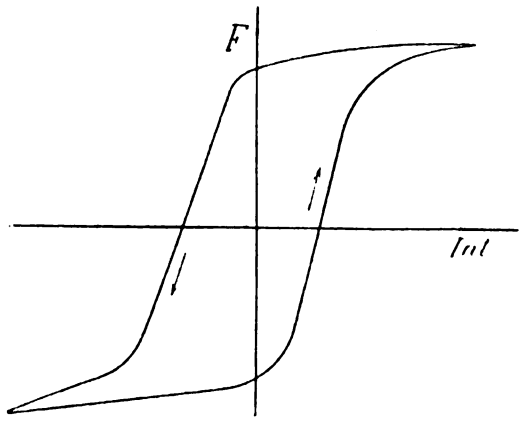


Fig. 49.

posons d'abord que l'*intensité passant* dans les *conducteurs de la bobine soit sinusoïdale* et de forme $I_m \sin \omega t$. Si l'induction maxima n'est pas trop élevée, le flux peut être représenté grosso-modo par une fonction :

$$A \sin(\omega t - \psi) + B \sin(3\omega t - 3\psi);$$

et la différence de potentiel aux bornes par :

$$A\omega \cos(\omega t - \psi) + 3B \cos(3\omega t - 3\psi);$$

Ce qui donne les courbes de la figure 50. Comme on le

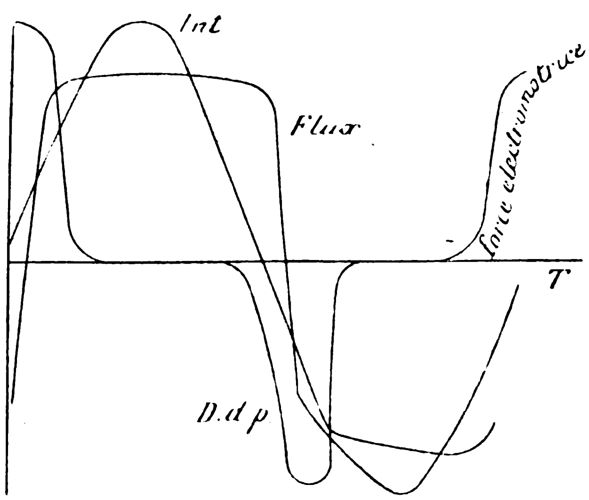


Fig. 50.

voit, la différence de potentiel est beaucoup plus déformée que le flux puisque l'harmonique 3 est triplée. La puissance perdue par hystérésis est :

$$\frac{A I_m \omega}{2} \sin \psi.$$

Comme, d'autre part, elle est aussi proportionnelle à la puissance 1,6 de l'induction maxima et que cette induction maxima est, à une constante près, $(A - B)$, il en résulte qu'il y a entre A, B et ψ la relation

$$A I_m \sin\psi = K (A - B)^{1,6},$$

de laquelle on peut déduire le coefficient B de l'harmonique troisième, introduite par la saturation.

2° Si la bobine est branchée sur une différence de potentiel sinusoidale, les courbes prennent alors les

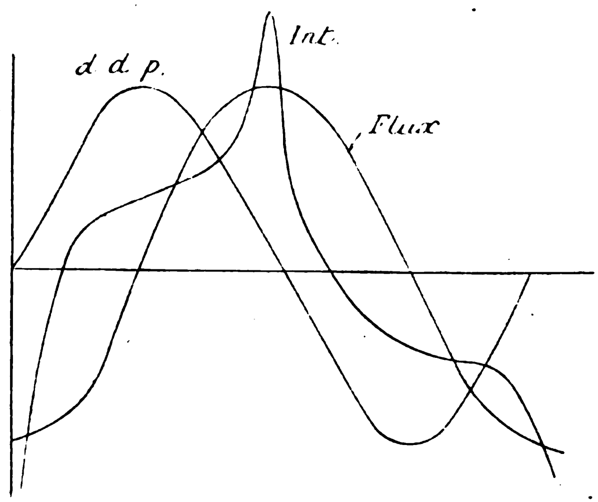


Fig. 51.

allures de la figure 51. L'intensité est impossible à exprimer avec deux termes seulement de la série de Fourier.

Lorsque ces déformations n'ont point d'importance au point de vue de l'application et de leurs réactions sur les génératrices, on peut utiliser la saturation pour réaliser des bobines de self-inductance dont la résistance apparente soit fonction du courant, et diminue avec celui-ci. Pour un rapport convenable entre la réluctance du fer et celle de l'entrefer, on peut donner à la variation de la réactance en fonction de l'intensité, telle valeur que l'on désire.

Bobines de self-inductance polyphasées. — On peut avoir à construire des bobines de self-inductance polyphasées pour des essais de machines, qui, pour les raisons admises précédemment, seront de préférence à circuit ouvert, afin de coûter le moins possible. Mais il faut alors veiller à ce que les flux conservent leurs phases et ne s'influencent pas les uns les autres d'une manière nuisible, pour éviter les inductions mutuelles des bobines les unes sur les autres.

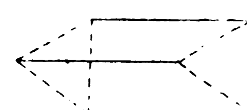


Fig. 52.

Si, pour une bobine triphasée, on dispose les 3 noyaux de manière que leur axes soient parallèles, on veillera à ce que les traces de ces axes sur un plan normal forment les trois sommets d'un triangle équilatéral (fig. 52).

On peut encore disposer les trois noyaux suivant la figure 53; dans les deux cas chaque bobine se calculera comme si elle était isolée, mais la réluctance de l'air par lequel se forment les lignes de force, devra être modifiée.

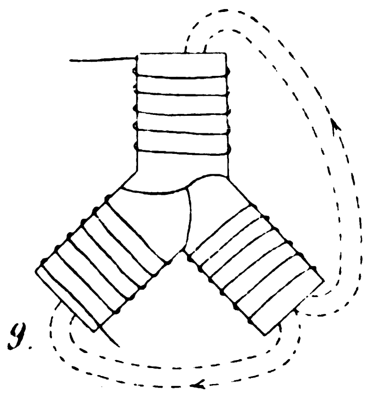


Fig. 53.

Il est difficile de réaliser une bobine diphasée à flux se fermant par l'air sans que la mutuelle inductance apporte de perturbations dans les phases. Il faut éloigner considérablement les deux noyaux pour réduire notablement cette mutuelle inductance.

Aussi, est-il préférable de réaliser 4 bobines tétraphasées sur 4 noyaux assemblés suivant l'une des dispositions de la figure 54, ces bobines étant réunies deux par deux soit en tension, soit en quantité.

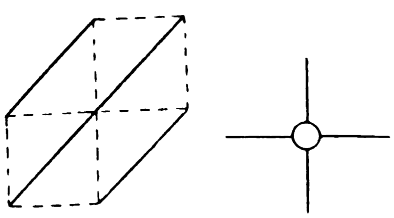


Fig. 54

Bobine de sûreté pour distribution en série. — Dans une distribution à intensité constante alimentant des lampes, on place en dérivation sur chacune d'elles une bobine de self-inductance qui a pour but d'assurer la continuité du circuit.

Même lorsque le circuit n'est pas à intensité constante, et se trouve branché sur une source à différence de potentiel constante, si le nombre des appareils en série est assez grand, l'intensité n'est pas sensiblement affectée par la substitution d'une résistance infinie à la résistance finie d'un ou de quelques appareils.

La bobine de self-inductance doit évidemment, en temps normal, ne laisser passer qu'un courant faible vis-à-vis de celui circulant dans la lampe, de manière que le courant total ne soit pas très supérieur au courant utile.

Soit à calculer une telle bobine de sûreté pour une lampe de 10 volts, 10 ampères, la tension totale dans le circuit étant de 2000 volts et la fréquence 40 périodes par seconde. Comme nous venons de le dire, le courant passant dans la bobine de self doit être petit, mais pas autant qu'on pourrait le supposer *a priori*. Ce courant étant en effet réactif, alors que le courant de la lampe est en phase, la somme en quadrature peut être beaucoup plus petite que leur somme arithmétique. Pour un courant de 3 ampères par exemple, passant dans la bobine de self, courant qui n'est que le tiers du courant de la lampe, l'intensité totale n'est que de 10,5 ampères (fig. 55), c'est-à-dire supérieure seulement de 5 pour 100 à l'intensité utile.

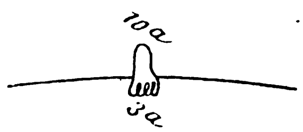


Fig. 55.

On a évidemment intérêt, dans ce cas, à fermer le circuit magnétique, ceci à deux points de vue : 1° pour que le courant pris par la bobine de self soit petit; 2° pour que, lors de la rupture d'une lampe, la tension aux bornes de la bobine monte moins qu'elle ne devrait monter si sa self-inductance était constante. On utilise ainsi les effets de saturation dont nous avons parlé précédemment.

Avec une bobine non saturée, lors de la rupture, la tension monterait à :

$$10 \frac{10,5}{3} = 35 \text{ volts.}$$

Avec une bobine fonctionnant normalement, à une induction déjà voisine de la saturation, la tension pourra ne monter qu'à 15 ou 20 volts.

Vu la petitesse de l'appareil, nous admettrons dans le fonctionnement normal, une induction maxima de 10000 gauss dans le fer, environ. Après quelques tâtonnements nous adopterons une section de fer carrée de 35 mm de côté; la section nette du fer sera donc :

$0,35^2 \times 0,85 = 0,102 \text{ dm}^2$ (0,85, coefficient d'utilisation).

Tension par spire (la fréquence est de 40) :

$$2,2 \frac{40}{50} 0,102 = 0,018 \text{ volt.}$$

Nombre de spires nécessaires pour 10 v : 56 spires.

Quand la lampe est hors-circuit, il faut que le fil ait une section suffisante pour supporter le courant total du circuit, c'est-à-dire 10,5 ampères environ. Nous adopterons alors un fil de 2 mm nu, isolé à 2,4. Sa section étant de 3,14 mm², la densité de courant, au régime accidentel, sera de un peu plus de 3 ampères par mm², ce qui serait trop fort pour un régime normal, mais est admissible ici.

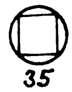


Fig. 56.

Eu égard à la tension totale de 2000 volts dans le circuit, nous devons isoler notre courant à la masse, fortement; nous enroulerons donc notre fil sur un tube de carton de 3 mm d'épaisseur, et nous le disposerons en trois couches de 20, 19, 17 spires.

La première couche tiendra sur une longueur de 48 mm; pour les raisons indiquées précédemment nous donnerons

à notre tube isolant une longueur de 75 mm et nous écarterons les branches latérales de notre culasse de 80 millimètres. Pour avoir une bobine ronde (fig. 56) nous donnerons à notre tube isolant un diamètre intérieur de $35\sqrt{2} = 50$ millimètres; son diamètre extérieur sera : $50 + (2 \times 3) = 56$.

L'épaisseur des trois couches de fil étant :

$$3 \times 2,4 = 7,2 \text{ mm},$$

le diamètre extérieur de la bobine sera :

$$56 + (2 \times 7,2) = 70 \text{ mm environ.}$$

Pour éviter que des étincelles jaillissent entre le fil et la culasse de fer, et cependant ne pas être obligé d'écarter celle-ci trop loin, nous mettrons entre les deux une

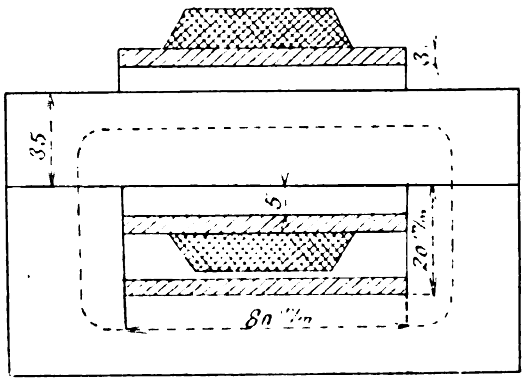


Fig. 57.

épaisseur de carton de 2 mm. Les branches latérales de la culasse auront ainsi 20 mm de hauteur. Le circuit magnétique se présentera tel que la figure 57, et aura comme longueur moyenne 31 cm.

Fonctionnement au régime normal. — L'induction maxima étant de 10000 gauss, il faut 5 ampères-tours par centimètre, c'est-à-dire $5 \times 31 = 155$ ampères-tours maxima pour la partie métallique du circuit magnétique.

Nous supposerons pour les joints 1/20 de mm d'épaisseur soit en tout 0,1 mm; soit 80 ampères-tours maxima à raison de 8000 par cm. Au total :
$155 + 80 = 235$ ampères-tours maxima $= 166$ ampères-tours efficaces.

Le nombre de spires étant 56, le courant magnétisant sera :

$$\frac{156}{56} = 3 \text{ ampères environ.}$$

Volume de fer : 0,32 dm³.
Perte par hystérésis : 9,6 w.
Perte par courant de Foucault : 1,5 w.
Perte totale dans le fer : 11,1 w.
Le courant en phase sera donc de 1,11 ampère.
Résistance de la bobine : 0,07 ohm.
Courant total dans la bobine $\sqrt{3^2 + 1,11^2} = 3,2$ amp.
Effet Joule : $\overline{3,2}^2 \times 0,07 = 0,7$ w.
Perte totale : $11,1 \times 0,7 = 11,8$ w.

Perte totale rapportée à la puissance de la lampe : 11,8 pour 100, chiffre assez fort qui tient à la petitesse des appareils en jeu.

Le courant total dans le circuit principal se compose de 1 ampère dans la lampe et de 1 dans la bobine, c'est-à-dire, d'un courant en phase de 11,18 ampères et d'un courant réactif de 3 ampères, c'est-à-dire 11,6 ampères :

$11,6 = \sqrt{11,11^2 + 3^2}$ en tenant compte de l'effet Joule, (11,11 au lieu de 11,18).

L'échauffement à ce régime nous intéresse peu puisqu'il est certainement plus faible que lorsque la lampe se rompt.

(*A suivre.*)

NOUVEAUX

TYPES DE LAMPES A ARC A MAGNÉTITE

EN USAGE

AUX ÉTATS-UNIS

La question de l'éclairage des rues a pris, depuis quelques années, un aspect tout différent de celui sous lequel elle se présentait auparavant. Après l'avoir traitée presque exclusivement comme un problème social et en avoir examiné uniquement le côté utilitaire, au point de vue de la sécurité du passant, on a commencé à en apprécier la portée commerciale et à se rendre compte de son influence sur l'intensité des échanges commerciaux; la richesse de l'éclairage, l'abondance de la lumière est devenue pour beaucoup d'artères un moyen extrêmement efficace d'attirer le public et d'accentuer la circulation; les conséquences de l'application de cette méthode sont tellement nettes et tellement marquées que le principe en a promptement été compris partout et les localités qui l'ignorent forment aujourd'hui l'exception.

Sans que l'on puisse dire qu'elles soient arriérées sous ce rapport, beaucoup de grandes villes européennes sont cependant moins avancées que les cités d'importance équivalente aux États-Unis. Il semble d'ailleurs que le monde technique américain s'occupe plus activement des questions d'éclairage que celui de la plupart des pays de l'ancien continent; il a formé de nombreuses sociétés et associations savantes pour en étudier spécialement tous les problèmes scientifiques, pratiques et commerciaux. La communauté de langue a permis à ces organismes de tirer profit immédiatement des travaux effectués en Angleterre; des prédispositions indéniables pour l'étude des langues germaniques leur ont aussi facilité l'assimilation

des résultats des recherches faites en Allemagne, où les ingénieurs ont également apporté une contribution importante à l'avancement de l'art de l'éclairage. Il est ainsi d'un grand intérêt pour nous, techniciens de langue française, de suivre les progrès que réalisent journellement, en cette matière, les différentes villes de l'Amérique du Nord.

L'installation d'éclairage public la plus remarquable de ces villes est à présent celle de la Broadway, à New-York, la « Grande Voie Blanche », comme on l'appelle aujourd'hui et qui est devenue « l'avenue la plus prospère du monde entier ». Le type de lampe qui y est employé représente un système d'éclairage peu connu chez nous, bien qu'il tienne une place correspondant, aux États-Unis, à celle que nous avons donnée aux lampes à arc-flamme, à charbons minéralisés : c'est la lampe à magnétite. Les appareils en usage sont intéressants non seulement par la source lumineuse qu'ils comportent, mais par la nature de la construction générale des lampes et des supports.

Lorsque l'on veut établir un système d'éclairage pour une grande ville moderne, il est indispensable d'examiner attentivement, et séparément d'abord, les besoins de chaque section. Les centres commerciaux demandent, effectivement, des appareils d'éclairage tout différents de ceux nécessaires pour les rues ordinaires, les « rues de résidence », dirons-nous, et pour les parcs, jardins, etc., par exemple. Il est naturellement impossible de définir exactement les conditions à réaliser, car des circonstances particulières, psychologiques ou physiologiques, peuvent les modifier considérablement d'un endroit à un autre; mais il est quelques principes qu'il convient d'observer autant que possible : principes d'économie, d'uniformité, d'élégance et de stabilité.

A New-York, en suite de la création de la lampe à magnétite ornementale et de son heureuse application dans l'éclairage de la « Grande Voie Blanche », trois modèles de lampe ornementale ont été établis : la « lampe ornementale de la Grande Voie Blanche », réalisée en deux formes, de 520 watts, 6,6 ampères, et de 300 watts, 4 ampères respectivement; la « lampe ornementale résidencielle », de 300 watts, 4 ampères, et « la lampe ornementale d'allée », en deux formes, de 500 watts, 6,6 ampères, et 300 watts, 4 ampères (fig. 1) (1); pour la facilité, nous désignerons ces trois modèles sous les noms de types A, B et C.

Le type A est destiné à l'éclairage des artères principales dans les quartiers commerçants où l'on veut obtenir un éclairage intense et uniforme, en plaçant les appareils à intervalles suffisamment courts. Le type B est employé pour l'éclairage des rues et des boulevards non commerçants, bordés d'habitations ou d'hôtels, plantés d'arbres éventuellement; le support y est de hauteur modérée — 3,60 m — de manière que les rayons ne soient pas coupés par le f uillage des arbres; on se contente d'un éclairage moins brillant, moins intense. Enfin, le type C convient pour l'éclairage des chaussées et des allées où une lumière moins abondante encore suffit et où l'on peut placer les lampes plus haut, de manière à en étendre la zone de rayonnement; dans l'éclairage des voies dont il s'agit, ce sont les nécessités de la circulation rapide — voitures et autos — qui règlent le choix du système; il

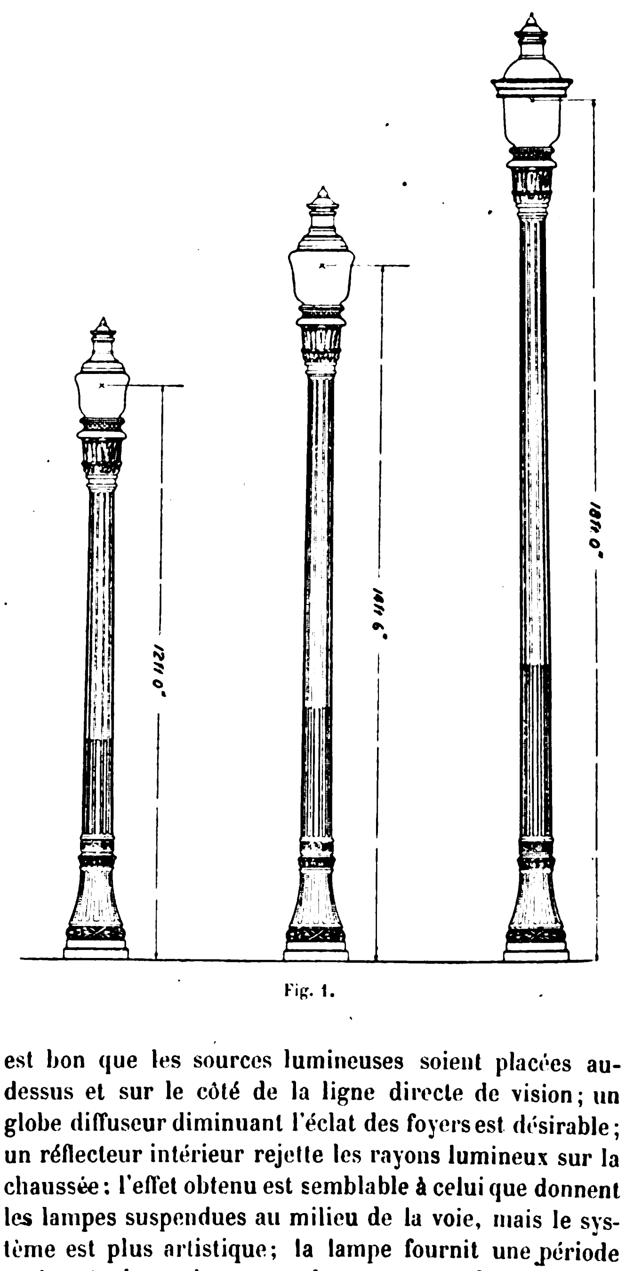


Fig. 1.

est bon que les sources lumineuses soient placées au-dessus et sur le côté de la ligne directe de vision; un globe diffuseur diminuant l'éclat des foyers est désirable; un réflecteur intérieur rejette les rayons lumineux sur la chaussée : l'effet obtenu est semblable à celui que donnent les lampes suspendues au milieu de la voie, mais le système est plus artistique; la lampe fournit une période prolongée de service sans recharge; un grand capuchon la protège, pour empêcher complètement que la poussière et la crasse, entraînées par la pluie, souillent le verre; les appareils peuvent n'être rechargés et nettoyés qu'à de longues échéances.

Une qualité particulière de la lampe à magnétite est de donner une lumière blanche; cette qualité, jointe, à l'éclat intrinsèque modéré du type A, est considérée comme étant

(1) C. A. B. Halvorson, New types of ornemental luminous arc lamps. *General électric Review*, novembre 1912, p. 710.

d'une importance capitale pour l'illumination des artères commerçantes. Il importe, en effet, que le procédé d'éclairage général adopté pour ces artères ne nuise en rien aux installations propres des commerçants eux-mêmes et respecte convenablement les aspects qu'ils ont

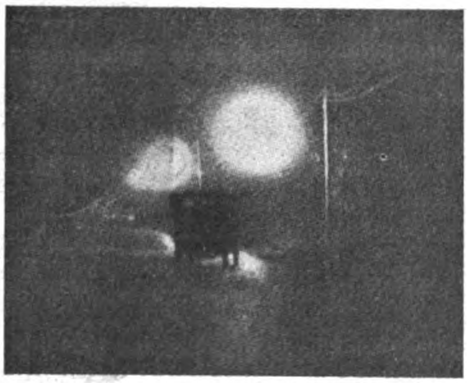


Fig. 2.

cherché à réaliser, soit au point de vue de la coloration de la lumière, soit au point de vue de l'intensité.

Les principes à observer en matière d'éclairage des rues ordinaires sont différents. Il faudra certainement

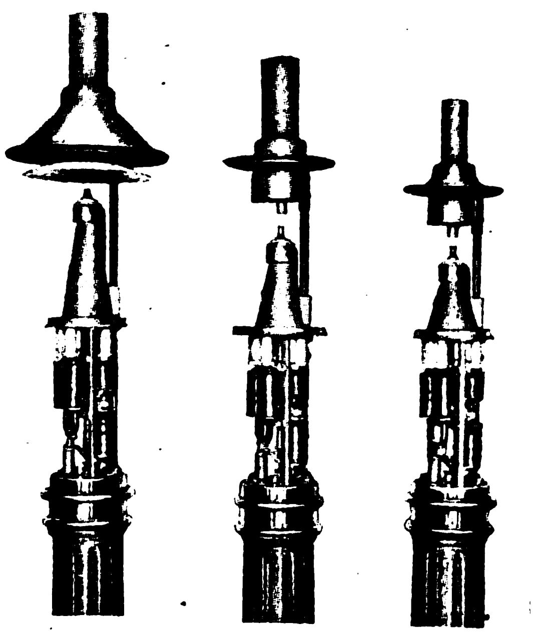


Fig. 3.

longtemps encore avant que l'on ne puisse établir dans les rues un éclairage approchant de celui obtenu en plein jour; pour le moment, les exigences économiques empêchent de prévoir plus qu'un éclairage très modéré, avec lequel les objets se distinguent, en réalité, autrement que par silhouette, c'est-à-dire par contraste de l'objet, interceptant les rayons, sur le fond plus ou moins éclairé, plutôt que par la réflexion de la lumière sur la surface des objets mêmes (fig. 2) [1].

Ce point admis, on peut dire qu'il vaut mieux, pour un même minimum d'intensité lumineuse, employer des unités lumineuses assez fortes plutôt que des petites, parce qu'avec ces grosses unités on arrivera, à égalité de dépense, à un éclairement moyen plus fort; pour le passant, les grosses lampes produiront d'ailleurs, bien entendu à la condition d'éviter toute exagération, une impression plus favorable, parce que l'éclairement moyen est bas et que l'œil se tourne donc naturellement vers les



Fig. 4.



Fig. 5.

sources de lumière; telles sont les remarques essentielles qui ont servi de base à la conception du type B prédésigné.

Les données seraient les mêmes, d'après les partisans de la lampe à magnétite (et des lampes à arc-flamme en général), pour l'éclairage des chaussées, routes et avenues; selon ces spécialistes, les lampes intensives, de

[1] Voy. à ce sujet un intéressant travail de M. P. S. Millar, An Unrecognized Aspect of Street Illumination. *Illuminating Engineering Society*, octobre 1910.

100 bougies ou moins, bas placées et rapprochées, devraient être exclues, pour cette raison, de l'éclairage des voies dont nous nous occupons; leur lumière ne serait pas profitable; il serait difficile de les éloigner du champ de vision; elles constitueraient des points brillants, nuisibles à la facile accommodation des yeux.

Les trois types A, B et C de lampe ornementale sont étudiés d'une façon à peu près complète, pour ce qui est du moins du mécanisme (fig. 3); la lampe de 6,6 ampères emploie une électrode négative de 9/16 pouce de diamètre (approximativement 14,2 mm) et 37,5 centimètres de longueur et sa durée est de 125 heures; l'électrode de la lampe de 4 ampères a 3/8 pouce (9,5 mm environ) de diamètre; sa longueur est la même que pour le type précédent; la durée est de 125-150 heures; avec une électrode de 9/16 pouce, la durée est de 200 heures.

On admet que cette durée est suffisante pour la pratique, parce que, de toute façon, les globes des lampes demandent à être nettoyés après une centaine d'heures; il y a donc à peu près accord à cet égard entre les praticiens américains et les praticiens d'Europe, quoique les premiers fixent une limite un peu plus élevée que les seconds.

Les lampes C se placent à intervalle de 150-160 m; les lampes B, à 90-100 m; les lampes A, à 25-30 m; il n'y a toutefois rien d'absolu dans ces valeurs.

Les supports peuvent être quelconques; la colonne est en fer ou en bois, en bois pour les lampes du type C, avec socle en fer (fig. 4 et 5). H. Marchand.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 23 décembre 1912.

Appareil électrique mesureur du temps pour la comparaison de deux phénomènes périodiques, par M. G. Lippmann. — Souvent il est nécessaire de comparer entre eux avec précision deux mouvements périodiques, les marches de deux horloges astronomiques, par exemple. On a recours dans ce cas à la méthode bien connue des coïncidences. L'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie résout le même problème avec non moins de précision, mais d'une manière plus commode et plus rapide; il résout en même temps d'autres problèmes analogues dont la méthode des coïncidences ne donne pas la solution.

Cet appareil se compose essentiellement d'un axe O qui tourne d'un mouvement uniforme, sous l'action d'un moteur approprié, en faisant un tour en T secondes. Cet axe porte une tige métallique électrisée, laquelle, en passant, vient toucher un contact étroit α et produit ainsi un courant électrique de très courte durée. Le moment où le contact se produit dépend de la position de α, et l'on peut le faire varier *à volonté* et d'une manière *continue* en disposant du contact α. Ce contact peut être déplacé à volonté, à l'aide d'une manette que tient l'opérateur et amené en tel point qu'on voudra du cercle décrit par le bras électrisé.

Un deuxième contact β, commandé par une deuxième manette, indépendante de la première, permet de même d'obtenir un deuxième courant électrique instantané. On remarque dès lors qu'une fois α et β mis en place, l'intervalle de temps qui sépare les deux courants instantanés se lit sans difficulté sur l'appareil. Si, par exemple, la durée de révolution T est d'une seconde, et si l'angle $\alpha O \beta$ est égal aux 37/100 de la circonférence, l'intervalle de temps en question est de 0,37 seconde.

Pour fixer les idées, indiquons quelques applications de cet appareil.

1° *Comparaison de deux horloges sidérales.* — Supposons qu'on veuille comparer entre elles deux horloges sidérales A et B. On réglera la vitesse de rotation de façon que le bras électrisé fasse un tour par seconde; l'observateur entend alors les battements de l'horloge qui se succèdent à un intervalle d'une seconde; d'autre part, les courants fournis par le contact α donnent dans un téléphone une série de coups secs qui se succèdent avec le même intervalle. L'observateur joue alors de la manette qui commande α jusqu'à ce que les deux séries de chocs, au lieu d'être décalées l'une par rapport à l'autre, coïncident constamment et à chaque seconde : l'oreille constate qu'il y a simultanéité entre les battements de l'horloge et le passage du bras électrisé sur α. Disons, pour abréger, que le contact α est « mis à l'heure » sur l'horloge A.

D'autre part, on dispose du contact β, indépendant de α, pour le mettre à l'heure sur l'horloge C. Cela fait, et les deux mises à l'heure étant réalisées simultanément, la mesure est terminée; il ne reste plus qu'à lire la distance angulaire entre α et β pour avoir le retard d'une des deux horloges sur l'autre : il serait de 0,37 seconde dans l'exemple numérique cité plus haut.

Il est prudent de faire les deux mises à l'heure simultanément, ou coup sur coup, afin d'éliminer l'influence que pourrait avoir une petite variation du moteur qui fait tourner le bras métallique.

On remarquera que l'observateur est ici maître, en jouant de la manette, de produire la coïncidence à son gré; il la modifie, la perfectionne à loisir, la fait se reproduire plusieurs secondes de suite, et il n'est pas obligé de compter les secondes. Il n'en est pas de même dans la méthode des coïncidences habituellement en usage : là, l'observateur est obligé de guetter une coïncidence; il entend l'écart du battement diminuer peu à peu pour passer par zéro et recroître ensuite; le moment de la coïncidence reste dans sa mémoire et il le fixe en comptant les secondes; s'il a un doute, il lui faut attendre la coïncidence suivante. Il me paraît plus avantageux de produire quand on le veut la coïncidence, de la perfec-

tionner et de la maintenir pendant *n* secondes de suite, sans avoir recours à sa mémoire et sans se préoccuper de compter les secondes.

Dans l'exemple précédent, on suppose que la « mise à l'heure » était faite par l'oreille; mais, dans d'autres cas, on pourra la faire visuellement. Le contact bref en α allume, pendant un temps très court, une lampe électrique de 2 volts, et l'on utilise l'éclair ainsi produit pour illuminer le balancier de l'horloge α; on joue de la manette jusqu'à ce que ledit balancier soit éclairé au moment de son passage par la verticale; même opération pour le contact β et l'horloge B; l'angle $\alpha O \beta$ donne alors l'intervalle de temps qui sépare les deux passages par la verticale.

On compare deux chronomètres comme on compare deux horloges, par signaux acoustiques, ou bien visuellement, en mettant à l'heure sur le passage des balanciers par leur position d'équilibre. Il peut y avoir avantage dans ce cas à se servir de la méthode des éclairs. En effet, l'amplitude des oscillations du balancier d'un chronomètre varie, comme on le sait, d'une manière irrégulière et considérable; il s'ensuit que le moment où a lieu le signal acoustique donné par l'instrument ne se produit pas toujours dans la même phase de l'oscillation et que, quand bien même le balancier passerait par sa position à des intervalles de temps parfaitement égaux, les échappements et les bruits des battements se produiraient avec des retards irréguliers. Mieux vaut donc opérer directement sur le balancier, en visant son passage par la position d'équilibre.

2° *Réception des signaux de la tour Eiffel.* — L'observateur se propose de mesurer le retard de ces signaux sur les battements de la pendule. Il met à l'heure le contact α sur sa pendule, le contact β sur les signaux rythmés de la tour Eiffel. L'angle $\alpha O \beta$ mesure la fraction de seconde qu'on désire connaître.

3° *Émission des signaux horaires.* — Une des horloges de l'Observatoire émet périodiquement un signal qui déclenche l'onde hertzienne en passant par plusieurs intermédiaires.

Il y a lieu de tenir compte d'abord de la correction ρ qu'il faut faire subir à l'indication de l'horloge pour avoir l'heure de Paris, correction calculée à l'Observatoire. Il faut, en outre, tenir compte de la somme σ des retards qui se produisent dans les relais et autres organes interposés entre l'horloge et l'antenne, somme qu'on mesure par des expériences spéciales. Telle est du moins la méthode qu'on applique actuellement.

Avec l'appareil tournant décrit plus haut, on opérerait de la manière suivante : l'opérateur met le contact α à l'heure sur l'horloge de l'Observatoire; un second contact α' est maintenu à une distance angulaire du premier égale à ρ, de sorte que les sons donnés au téléphone par α' coïncident avec la seconde exacte de l'heure de Paris. Enfin, l'observateur dispose d'un contact β qui déclenche les ondes hertziennes à travers les intermédiaires habituels; il déplace à l'aide d'une manette le contact β jusqu'à ce que les signaux émis par la tour Eiffel, qu'il entend au téléphone, coïncident exactement pour l'oreille avec les secondes marquées par α. Dès lors, grâce au réglage de α', qui donne la seconde exacte, grâce au réglage de β, qui met la tour Eiffel à l'heure sur α', les corrections ρ et σ sont faites par l'appareil lui-même, et les ondes hertziennes partent à l'heure exacte de Paris.

En résumé, dans l'appareil tournant décrit plus haut, chaque point du bras électrisé décrit une circonférence qui est un axe du temps parcouru d'une manière *continue*; et, en vertu de cette continuité, l'appareil sert à mesurer des intervalles de temps comme un rapporteur sert à mesurer des angles.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 12 février 1913.

1° Compte rendu des Travaux des sections, par M. Grosselin, Président. — La première section poursuit l'examen des rapports sur la terminologie et sur la cartographie et prendra connaissance des derniers résultats obtenus par M. Bureau dans ses essais d'isolants.

M. Damoiseau a donné lecture à la quatrième section de son rapport sur la traction thermoélectrique.

La cinquième section a pris connaissance de la communication de M. Devaux-Charbonnel sur la téléphonie sous-marine et sur les portées que procurent les procédés Krarup et Pupin; elle a entendu la communication de M. Jégou sur les détecteurs électrolytiques.

La sixième section a entendu la communication de M. Robin sur l'étude magnétique des points de transformations des aciers; M. Samuel doit lui donner lecture d'une communication sur le matériel Weston pour la mesure des courants alternatifs.

2° La télégraphie et la téléphonie au Congrès de Versailles, par M. Tongas. — Le rôle d'un service télégraphique ne consiste pas seulement à établir des liaisons entre des points fixes; il doit encore faire face à des besoins exceptionnels dans des localités très diverses.

M. Tongas indique les grandes lignes de l'organisation adoptée en France; trois facteurs sont à considérer : les fils conducteurs, les appareils de transmission et de réception, y compris les sources d'énergie, et le personnel.

En France, tous les centres importants, au moins un par département, sont reliés au système général par plusieurs conducteurs de parcours différents; on a donc en général à relier le lieu à desservir à un centre voisin ou encore on se raccorde par une ligne volante à une ligne principale que l'on coupe en pleine voie (grandes manœuvres).

Néanmoins, on ne dispose en général, malgré tout, que

d'un petit nombre de lignes; il faut donc rendre élevé le rendement d'exploitation par fil dans les installations mobiles, et la contre-partie doit se trouver en tous les points du territoire : ceci impose l'emploi des systèmes Hughes et Baudot et élimine les systèmes duplex et triplex, qui reposent sur des équilibres difficiles à maintenir, et ceux à transmission automatique et à composition préalable.

En 1891, à l'occasion des grandes manœuvres de l'Aude, une roulotte télégraphique fut établie avec deux Hughes, un Mors et un poste téléphonique; cette roulotte, transmit en 1910, aux grandes manœuvres de Picardie, plus de 200000 mots en quelques jours.

Afin de se maintenir au niveau du reportage civil, l'administration chercha à utiliser le Baudot avec lequel la ligne est beaucoup mieux utilisée; tandis qu'un manipulateur exercé transmet à l'heure environ 1800 mots de 6 lettres avec le Hughes, on arrive à environ 4 fois ce chiffre avec un quadruple Baudot.

En 1902, lors des fêtes franco-russes, 700000 mots taxés, non compris les télégrammes officiels, furent transmis en cinq jours; pendant la journée de Reims seule, les Baudotistes transmirent 120000 mots.

Le personnel est particulièrement entraîné; les brigades de réserve comprennent des agents de choix rompus au maniement des appareils rapides et affectés aux stations estivales et hivernales; le groupe spécial comprend des taxateurs éprouvés sachant déchiffrer les écritures les plus difficiles.

L'importance nationale et mondiale du Congrès de Versailles imposa des dispositions toutes particulières; le bureau du Palais de Versailles fut relié directement aux bureaux de Grenelle et de la Bourse, à Bordeaux, Lyon et Marseille, à Londres et à Brest; des conducteurs spéciaux furent affectés à la Presse et au Parlement; les Baudots furent seuls employés, les Hughes ayant été jugés trop lents et trop encombrants; on avait installé 38 cabines téléphoniques.

La répartition des transmissions fut très inégale; le trafic fut surtout intense de 15h45 à 16h30, après le premier tour de scrutin, et de 18 à 19h15 après la proclamation du second tour.

On expédia plus de 5000 dépêches (soit plus de 192000 mots), dont 465 extra-européennes ou internationales (18700 mots); on assura 1600 communications téléphoniques dont 155 internationales.

Le délai moyen entre le dépôt et l'expédition n'a pas dépassé 8 minutes.

Le service de la Presse a expédié plus de 42000 mots; la durée de transmission entre Versailles et Pernambouc (Amérique du Sud), par Brest-Dakar, a été inférieure à 5 minutes (temps écoulé entre le dépôt à Versailles et la réception à Pernambouc); le délai moyen entre Versailles et New-York a été de 4 à 5 minutes.

3° **Travaux du Laboratoire central d'électricité. — 1. Étude expérimentale des nouvelles lampes électriques luminescentes**, par MM. A. Broca, de la Gorce, Jouaust et Laporte. — a. *Lampe à mercure en quartz sous globe.* — Cette lampe donne des flots d'ultra-violet; pour éviter des conjonctivites intenses, cette lampe ne doit être employée qu'avec interposition d'un globe laiteux et elle est alors analogue à l'arc en verre; son éclat est seulement un peu plus fort. On a étudié l'action de l'ultra-violet sur les deux manifestations fondamentales de la fatigue de l'œil : la constriction pupillaire et la durée de l'image accidentelle.

En employant la lampe en quartz démunie de son globe avec un écran mobile en glace de Saint-Gobain, on a constaté un resserrement de la pupille d'environ 5/10 mm (5,7 à 5,2).

La durée de l'image accidentelle sur fond obscur était en moyenne de 42 secondes sans ultra-violet et de 47 secondes avec ultra-violet; la différence n'est pas grande, mais le sens en est certain, car il n'y eut aucune observation en sens contraire.

En utilisant la propriété du papier blanc d'être fluorescent dans l'ultra-violet du spectre, on n'a rien pu observer avec interposition d'un écran. Il est peut-être néanmoins possible de comprendre comment l'ultra-violet peut fatiguer l'œil sans impressionner la rétine: une conjonctivite intense peut occasionner des troubles circulatoires modifiant la sensibilité de la rétine.

b. *Lampe au néon.* — On a repris avec cette source les expériences sur l'acuité visuelle, la vitesse de lecture, les images accidentelles et la constriction pupillaire.

La lumière au néon produit avec intensité le phénomène de Purkinje; ce phénomène se ramène à ceci que deux objets de couleur différente semblant de même éclat lorsqu'ils sont éclairés par une source intense, présenteront des éclats très différents lorsqu'ils seront éclairées par une source peu intense.

En éclipsant une portion variable d'un tube au néon et en ramenant chaque fois l'éclat trouvé à la longueur totale du tube, l'éclat ainsi ramené a varié de 19 à 7 lux pour un observateur, de 15 à 7 pour un autre, cet éclat diminuant quand la longueur utilisée du tube diminue.

La dischromatopsie ou daltonisme est le manque de sensibilité de l'œil pour le rouge; ceci se comprend si l'on considère que le rouge est à la limite du spectre perceptible. Huit observateurs différents ont trouvé au photomètre de Ritchie pour un mètre de tube au néon respectivement les valeurs suivantes: 62, 78, 98, 128, 148, 198, 205 et 220 bougies. Ces écarts énormes obtenus avec des observateurs entraînés tiennent à ce que l'on se trouve ici dans des conditions telles que la courbe de probabilité de Lagrange ne saurait être envisagée; il ne s'agit pas ici en effet d'erreurs qui peuvent être de part et d'autre de la moyenne et être avec autant de chances positives ou négatives; les limites de sensibilité sont 0 et l'infini, et le calcul des probabilités ne peut s'appliquer. On ne peut donc définir l'éclat d'une lumière rouge.

La lumière au néon donne une meilleure acuité visuelle que la lumière blanche pour les éclairements supérieurs

à 4 lux; il y a égalité pour les éclairements inférieurs.

En ce qui concerne la constriction pupillaire, on a observé respectivement des diamètres de rétine de 6 mm, 5,5 mm et 3,6 mm pour des longueurs découvertes de tube au néon de 20 cm, 1 et 5 m; le tube au néon se comporte donc comme les sources à très grand éclat. Ceci peut s'expliquer ainsi : pour une lumière quelconque, l'œil reçoit trois sensations (rouge, vert, violet) dont la somme donne la sensation résultante; avec une lumière monochromatique, l'œil produit sa sensation avec un seul processus et doit se fatiguer beaucoup plus qu'avec une lumière trichromatique de même éclat.

Les images accidentelles sont très difficiles à obtenir avec la lumière au néon; il faut ici 10 secondes au lieu de 0,5 seconde pour obtenir une durée d'image accidentelle de 40 secondes. Cette lumière est donc excellente pour la fatigue de l'œil; son seul défaut réside dans son papillottement qui la rend excessivement stroboscopique.

II. Quelques difficultés de la photométrie des sources luminescentes industrielles. — Nécessité d'employer le photomètre le plus simple pour la comparaison des lumières très différentes, par MM. Broca et Laporte. — En lumière hétérochrome, l'utilisation d'un phénomène physiologique complexe (contraste, examen d'une petite plage enveloppée par une plage de comparaison) ne peut donner de résultats constants. En comparant des lampes à mercure et à néon, soit chacune avec une source étalon, soit entre elles, et cela avec un photomètre à contraste et un prisme de Ritchie, MM. Broca et Laporte ont trouvé des résultats très discordants, bien qu'ils fussent concordants pour un même observateur faisant un même essai.

M. Broca estime que l'on doit éviter les mouvements continuels de l'œil ainsi que l'observation d'une plage par des parties de l'œil fatiguées par l'autre plage. Il préconise la comparaison des plages du photomètre de Ritchie avec de petits mouvements de l'œil et de grandes plages; ou encore de rester franchement une seconde environ sur chaque fixation.

4° Sur la traction monophasée, par M. Marius Latour. — Dans ce rapport, présenté au nom de la quatrième section, M. Latour examine rapidement l'établissement des lignes de prise de courant et les considérations mécaniques relatives aux locomotives. Les vibrations dues aux variations du couple moteur alternatif, dont la fréquence est double de celle du courant, peuvent être intenses au démarrage et l'on peut avoir des résonances curieuses à certaines vitesses : ce fut par exemple le cas pour la locomotive de l'A. E. G. (Chemins de fer du Midi) aux vitesses de 28 et 56 km par heure, et cela en causa le refus.

Les moteurs monophasés peuvent se ramener aux deux types : série et répulsion.

Le moteur série comprend un enroulement d'excitation, un enroulement de compensation et l'induit; il fonctionne assez bien aux basses fréquences. Lamme a placé d'une façon simplement particulière, dans le fond des encoches, les connexions résistantes entre induit et collecteur qui réduisent le courant de court-circuit; si ce moteur, très appliqué en divers pays, ne l'a pas été en Allemagne, cela tient, croit M. Latour, à ce que les Allemands, comme les Français, ont une prédilection pour les solutions savantes.

Dans le moteur à répulsion, le courant est induit dans l'induit en court-circuit au lieu d'y être conduit; mais ce moteur a les mêmes qualités que le moteur série, et en plus cet avantage qu'il s'y produit au synchronisme un champ tournant, dû à l'action du court-circuit, et grâce auquel il ne peut y avoir d'étincelles pour cette vitesse; le flux d'excitation ordinaire étant en sin ωt, on a suivant le court-circuit un flux en cos ωt qui donne dans la section en commutation un f. é. m. dynamique en cos ωt compensant exactement au synchronisme la f. é. m. statique redoutable en cos ωt due au flux d'excitation.

On a été conduit à produire dans le moteur série ordinaire la f. é. m dynamique favorable à la commutation au moyen d'un enroulement additionnel; en réglant le champ dû à cet enroulement pour différentes vitesses, on peut avoir une bonne commutation pour chacune de ces vitesses. Ceci est réalisé de deux façons :

1° En plus des enroulements d'excitation et de compensation, on a autour d'une dent un enroulement local alimenté en dérivation aux bornes du moteur; le cos φ étant généralement bon, le courant du moteur est en sin ωt, comme la différence de potentiel d'alimentation, et la bobine auxiliaire se comporte comme une self prenant un courant en cos ωt;

2° Au lieu d'agir d'une façon locale sur la commutation, on peut établir ce champ auxiliaire partout; mais on peut réaliser une simplification en utilisant comme enroulement auxiliaire l'enroulement de compensation lui-même; pour cela, cet enroulement est alimenté en dérivation à des tensions proportionnelles à la tension d'alimentation du moteur, ce qui s'obtient en reliant le point commun excitation-compensation à des points convenablement choisis du secondaire du transformateur d'alimentation. A chacune des connexions correspond une vitesse de bonne commutation. La Compagnie française Thomson-Houston, qui emploie ce dispositif, ne retient que deux de ces connexions : la première, réalisant le montage répulsion, est employée pour les vitesses inférieures à 1,2 fois celle du synchronisme; la seconde, réalisant le montage dit série-répulsion, est employée pour des vitesses plus grandes.

La maison Brown-Boveri emploie un moteur à répulsion à doubles lignes de balais avec décalage des balais d'après le dispositif Déry.

L'A. E. G. emploie le moteur à répulsion compensé, lequel est à 4 lignes de balais pour 2 pôles; l'excitation est faite par le rotor grâce aux balais auxiliaires non court-circuités qui y amènent le courant; la difficulté de commutation est sur la ligne de court-circuit. Ce moteur

peut fonctionner avec $\cos \varphi = 1$; il a une commutation défectueuse au-dessus du synchronisme ; l'exécution du bobinage stator est simple, car il n'y a qu'un enroulement.

Un inconvénient de tous ces moteurs est de demander beaucoup de balais dont le prix et l'entretien sont élevés ; on a intérêt à réduire la surface frottante des balais sur le collecteur.

Soit C le couple au démarrage du moteur, ω sa vitesse maxima ; le produit puissancique

$$P = C\omega$$

est une caractéristique du moteur.

Soient :

f, la fréquence du courant ;

t, la vitesse périphérique du collecteur pour la vitesse angulaire ω ;

a, la largeur des balais (7 à 12 mm ; en moyenne 9) ;

v, la tension de court-circuit d'un bord à l'autre du balai (environ 3,5 v si le balai couvre une lame, 7 v s'il en couvre deux) ;

I, le courant (à faire le plus petit possible) ;

M. Latour a établi que l'on a toujours :

$$vI = \frac{\pi a f}{t} \cdot P,$$

quels que soient le nombre de pôles du moteur et le mode de construction adopté.

En se donnant P, f, a et v, le courant I et par suite la surface frottante ne dépendent que de t.

On voit que la surface frottante est proportionnelle à la fréquence et au couple de démarrage que l'on veut avoir.

Le moteur série est plus favorable que le moteur à répulsion, car il n'a pas comme ce dernier un nombre de pôles imposé par la condition de ne pas trop s'écarter du synchronisme.

Commutation du moteur série à vitesses variables. — Dans le moteur série, le champ nécessaire pour annuler la f. é. m. néfaste à la commutation est proportionnel au courant et inversement proportionnel à la vitesse. Si l'on suppose que le moteur fonctionne à intensité d'excitation constante, ce champ de correction varierait hyperboliquement en fonction de la vitesse.

Si l'on emploie un enroulement de correction en dérivation aux bornes du moteur, le champ de cet enroulement varierait proportionnellement à la vitesse (car les volts seraient sensiblement proportionnels à la vitesse pour I constant) ; la droite représentant ce champ passe par l'origine et coupe l'hyperbole au point de commutation parfaite, mais s'en éloigne ensuite très vite, et la commutation devient rapidement inacceptable.

M. Latour préconise l'emploi d'un enroulement de correction en série avec l'enroulement de compensation et shunté par une résistance convenable ; le champ de correction est alors constant pour I constant ; on a toujours un point de commutation parfaite, mais de part et d'autre de ce point, la droite, parallèle à l'axe des vitesses, qui représente le champ de correction est toujours plus proche de l'hyperbole que la droite passant par l'origine du cas précédent.

La perte d'énergie due à l'emploi de ce dispositif croît très vite avec la fréquenee, mais elle n'est guère que de 1/3 à 1/4 pour 100 de la puissance du moteur pour les moteurs pratiques de fréquence 15.

M. Latour terminera cette communication à la séance de mars. P. G.

REVUE DE LA PRESSE

APPAREILLAGE

Interrupteurs à huile pour fortes puissances et hautes tensions. — M. J.-N. Mahoney rend compte d'essais sur les interrupteurs de la station de la Hydraulic Power Company ; Niagara Falls, comprenant 5 alternateurs triphasés à 12 000 volts, d'une puissance unitaire de 7500 kw, fournissant du courant à 25 périodes, directement accouplés à des turbines hydrauliques tournant à 300 tours par minute. Les essais des interrupteurs portèrent sur des charges artificielles et sur des courts-circuits provoqués sur les barres ; la puissance maxima mise en jeu fut celle de la station, soit 30 000 kilowatts.

Les interrupteurs étudiés sont pourvus de commandes à distance avec relais retardateurs à courant continu et alternatif et sont placés dans un local séparé. On dispose dans chaque phase des oscillographes et des transformateurs d'intensité. Les intensités obtenues et mesurées varièrent entre 3000 et 30 000 ampères. Les principaux résultats obtenus sont résumés ci-après.

Les interrupteurs doivent être munis de commandes à fonctionnement rapide et certain. La durée de la coupure peut être réduite dans certains cas à 0,1 seconde ; on s'en tient cependant en général aux valeurs de 0,3 à 0,6 seconde, suivant le type de l'interrupteur et des relais. La tension atteinte à la rupture croît rapidement avec la vitesse de rupture. Les alternateurs isolés, c'est-à-dire pourvus de barres collectrices séparées, présentent un courant de court-circuit plus grand que des alternateurs identiques connectés à des barres communes. Une augmentation de la durée de la rupture entraîne une diminution, suivant une loi hyperbolique, du courant de court-circuit dans les circuits à faible impédance ; il s'en suit par contre une forte chute de tension, notamment au lieu où se produit le court-circuit, pouvant provoquer des dérangements sur le réseau. Néanmoins, il apparaît comme peu à conseiller de couper le court-circuit pendant sa première phase d'intensité maxima. Divers moyens, souvent d'une réalisation difficile, peuvent être employés pour réduire les élévations de tension dangereuses qui prennent naissance aux coupures brusques de fortes puissances ou des inducteurs, ils reposent d'ordinaire sur le principe de destruction dans des résistances des quantités d'énergie libérées. Les surtensions et oscillations sur les réseaux de câble exigent des interrupteurs susceptibles de couper des puissances largement supérieures à celles envisagées pour le travail normal des alternateurs. (*El. Journal*, septembre 1912.)

A.

INSTALLATIONS

La fourniture de la force motrice à la petite industrie par le gaz ou l'électricité. — L'ingénieur Hoeltjé, dans un travail comparatif sur les moteurs à gaz ou électriques de la petite industrie, arrive à la conclusion que le moteur à gaz est supérieur sous certains rapports. M. Vollhardt, reprenant la question, critique les procédés de calcul du travail cité et étend la comparaison aux moteurs électriques et aux moteurs à gaz de 1 à 12 chevaux pour des prix du kilowatt-heure et du mètre cube de gaz compris entre 12 et 25 centimes. Ces résultats sont portés en diagrammes pour 6 types différents de moteurs à gaz à marche très lente, lente ou rapide comparés à des moteurs à courant continu ou à courant triphasé. Les dépenses annuelles comprennent l'intérêt et l'amortissement des frais d'installation, l'entretien et les réparations des machines et bâtiments, les frais de main-d'œuvre, graissage et matériel d'entretien, le montant de la location des compteurs et les dépenses de combustible ou de courant. La division du chiffre obtenu en additionnant ces dépenses par le nombre d'heures de marche multiplié par la puissance moyenne du moteur doit être pris comme revient du cheval-heure.

Il résulte des différentes courbes établies que les moteurs à gaz à marche rapide sont supérieurs aux moteurs à marche lente. Le moteur électrique est nettement supérieur au moteur à gaz pour les puissances inférieures à 10 chevaux, de sorte qu'il peut être considéré comme étant par excellence le moteur de la petite industrie. Ce résultat est d'ailleurs confirmé par la statistique indiquant pour Berlin 32 800 moteurs électriques d'une puissance totale de 130 000 chevaux contre 422 moteurs à gaz développant 6600 chevaux. (*E. T. Z.*, n° 38, 1912.) M. A.

MESURES

Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide dans les dynamos. — M. Itterberg vient de publier une méthode nouvelle pour la détermination des pertes à vide des machines dynamo (*E. T. Z.*, 7 nov. 1912). Dans la méthode chronométrique ordinaire la machine est amenée à sa vitesse de régime par un moteur auxiliaire qui est coupé une fois cette vitesse atteinte. La diminution de vitesse qui est observée alors est à chaque instant proportionnelle au couple des forces retardatrices. Pour évaluer ce couple l'on employait une méthode indirecte, c'est-à-dire que l'on construisait la courbe des vitesses en fonction du temps. Avec la méthode de M. Itterberg on lit directement le couple des pertes à un ampèremètre, la vitesse à un voltmètre.

L'on sait que la force électromotrice d'une dynamo à excitation constante est directement proportionnelle à la vitesse on écrit :

$$e = k\,n$$

k, constante dépendant de l'excitation.

Si nous couplons alors la machine à essayer avec une petite dynamo d'environ 50 watts à excitation séparée nous pouvons lire directement la vitesse à un voltmètre branché aux bornes de cette machine.

Nous savons aussi que le courant de charge d'un condensateur est proportionnel à la capacité multipliée par la variation de tension

$$i = G\frac{de}{dt} \qquad G = \text{capacité}$$

on peut alors écrire

$$i = Gk\frac{dn}{dt} \qquad \text{d'où} \qquad \frac{dn}{dt} = \frac{i}{Gk}$$

d'autre part dans la méthode chronométrique ordinaire on sait que l'on a

$$C = \frac{\pi}{30} A \frac{dn}{dt} \qquad \begin{array}{l} C = \text{couple du aux pertes} \\ A = \text{moment d'inertie du système} \end{array}$$

en remplaçant $\frac{dn}{dt}$ par sa valeur

$$C = \frac{\pi}{30} \cdot A \cdot \frac{i}{Gk}. \qquad (1)$$

Le montage à faire consiste donc à coupler une petite machine de 50 watts environ sur l'axe de la dynamo, et de la faire débiter sur un circuit contenant un ampèremètre et un condensateur en série et un voltmètre aux bornes.

Pour faire l'essai on amène la dynamo à sa vitesse normale que l'on mesure ainsi que la tension de la dynamo auxiliaire, de ces valeurs on tire k.

On coupe le courant, la vitesse diminue, la charge du condensateur varie et l'ampèremètre est parcouru par un courant qui, d'après la formule (1), est proportionnel à chaque instant au couple des pertes. On lit le voltmètre aux mêmes instants et à l'aide des valeurs trouvées on peut construire la courbe des pertes en fonction de la vitesse. F. H.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

443 236. — **Nussbaum.** — *Microphone* (2 mai 1912).

15 775/442 011. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Appareil d'intercommunications téléphoniques* (28 juin 1911).

442 993. — **Teisseire.** — *Turbine électrique* (3 juillet 1911).

443 042. — **Siemens et Halske A. G.** — *Câble sous-marin avec charge de self-induction répartie uniformément ou par points* (26 avril 1912).

443 103. — **Wittrin.** — *Dispositif de fixation de fil et de contact de dérivation en même temps que de tension pour le fil au moyen d'une douille filetée et s'appliquant aux isolateurs et galets d'isolement* (29 avril 1912).

443 208. — **Liebe.** — *Commutateur de charge pour batterie d'accumulateurs* (1er mai 1912).

443 240. — **Peloux.** — *Perfectionnements aux limiteurs de courant* (2 mai 1912).

15 777/429 949. — **Béthenod.** — *Procédé de réglage de machines ou appareils munis d'une excitation par courant continu en fonction des variations de courants alternatifs arbitraires* (28 juin 1911).

443 098. — **Société dite La Radio-Electricité.** — *Dispositif d'arc avec régulation complète, plus spécialement destiné aux applications de radiations hertziennes* (5 juillet 1912).

443 070. — **Lusted.** — *Système de lampe électrique à incandescence* (27 avril 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

72541. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 509. 10 Mars 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Les télégrammes radiotélégraphiques d'intérêt général. — L'usure des turbines à vapeur. — Statistique des installations de T. S. F. — Le chemin de fer électrique de Pampelune à Sanguesa. — La fabrication des briquettes depuis dix ans. — Applications industrielles du chauffage par incandescence. — Les installations électriques en Norwège 97

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Bouvines. Cholet. Feugerolles. Saint-André-de-Corcy. Saint-Illide. Lauzières-Mutry. — *Colonies* : Constantine 100

CORRESPONDANCE. — A propos de la traction à air comprimé. . 100

LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION ET DE TRANSMISSION AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE. **Marchand**. 101

NOUVELLE MÉTHODE POUR L'ANALYSE DES COURBES PÉRIODIQUES. **F. L**. 108

L'ÉLECTRIFICATION DES LIGNES DE CHEMINS DE FER, URBAINES, DE CEINTURE ET SUBURBAINES DE BERLIN. **H. M**. 111

LA TÉLÉPHONIE SANS FIL DANS LES MINES. **M. A**. 113

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du 30 décembre 1912* : Relation entre la conductivité des acides et leur absorption par la peau, par **A. Brochet**. 117

Séance du 6 janvier 1913 : Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1913, par **A. Angot** 117

Séance du 13 janvier 1913 : Description d'un appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires, par **G. Bigourdan**. 117

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations* : Protection des réseaux secondaires contre les courts-circuits des transformateurs. — *Mesures* : Un nouveau type de wattmètre pour mesures sur la haute tension. Sur les transformateurs d'intensité. — Résistances pour mesures en courants alternatifs. Transformateurs de périodicité pour fréquences variables. 118

BREVETS D'INVENTION 120

INFORMATIONS

Les télégrammes radiotélégraphiques d'intérêt général. — Le poste de T.S.F. de la tour Eiffel donne tous les jours à 10h45, 10h47, 10h49, l'heure légale du méridien de Greenwich par un point émis au moment précis où ces heures arrivent; ce point est précédé de signaux préparatoires, ainsi qu'il a déjà été expliqué dans *L'Industrie électrique*.

Aussitôt après 10h49 la tour transmet un télégramme météorologique rédigé par le Bureau central météorologique (B. C. M.).

Ce télégramme s'applique aux six stations suivantes désignées par leur lettre initiale :

Rekiavik, Islande (R.); Valentia, Irlande (V.); Ouessant, France (O.); La Corogne, Espagne (C.); Horta, Açores (H.); Saint-Pierre et Miquelon (S.).

Pour chaque station on donne :

1° La hauteur barométrique, le chiffre des centaines en moins;

2° La direction du vent, d'après la rose des vents graduée 1 à 32;

3° La force du vent graduée de 0 à 9;

4° L'état de la mer gradué de 0 à 9.

Les stations de Rekiavik et de Saint-Pierre ne donnent pas la quatrième indication.

Pour Paris il est donné la vitesse du vent au sommet de la tour Eiffel, sa direction, la pression barométrique.

La direction du vent croît quand celui-ci tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, le zéro étant le point N de la rose des vents divisée en 32 parties égales, et décroît en sens inverse.

Force du vent.	Etat de la mer.
0 — Nul ou calme;	0 — Calme;
1 — Peu sensible;	1 — Très belle;
2 — Très faible, légère brise;	2 — Belle;
3 — Faible, petite brise;	3 — Peu agitée;
4 — Modéré;	4 — Agitée;
5 — Assez fort;	5 — Houleuse;
6 — Fort;	6 — Très houleuse;
7 — Très fort;	7 — Grosse;
8 — Tempête;	8 — Très grosse;
9 — Ouragan.	9 — Furieuse.

Voici pour exemple le télégramme du 4 février dernier [1] :
BCM — R. 34 00 0 — V. 63 20 3 — A. O. 72 20 3 5 — C. 73 14 2 6 — H. 64 20 4 2 — S. 64 24 1.

Dépression nord Europe, forte pression sud ouest.

Paris. Vent 8 mètres décroit, ouest sud-ouest stationnaire, pression 771 stationnaire, ciel nuageux, temps clair.

Ce télégramme se traduira donc de la façon suivante :

[1] Pour l'interprétation des télégrammes BCM, il est facile d'établir soi-même une rose des vents graduée de 1 à 32, en tenant compte des notations suivantes :
N. 0-32, E. 8, S. 16, O. 24; — N-E. 4, S-E. 12, S-O. 20, N-O. 28, etc

Bureau central météorologique : Rekiawik, pression 754, vent nul; Valentia : pression 765, vent du sud-ouest faible, mer houleuse; Ouessant : pression 772, vent du sud-ouest faible, mer houleuse; La Corogne : pression 775, vent du sud-sud-est très faible, mer très houleuse; Horta : pression 764, vent du sud-ouest modéré, mer belle; Saint-Pierre et Miquelon : pression 764, vent de l'ouest peu sensible.

Situation atmosphérique générale : dépression au nord de l'Europe; forte pression au sud-ouest.

Paris : vent vitesse 8 mètres à la seconde, décroît; direction : ouest-sud-ouest stationnaire; pression : 771 stationnaire; ciel nuageux, temps clair.

Le télégramme météorologique est transmis très lentement et est répété 2 fois, la transmission en est faite avec l'émission appelé « gros roulé », c'est la plus puissante.

A 8 heures du matin et à 3 heures de l'après-midi, la tour transmet un télégramme météorologique se rapportant exclusivement à Paris, voici pour exemple celui du 5 février à 8 heures :

Paris. — Vent 12 mètres croît, ouest décroît, pression 766, ciel couvert.

L'interprétation s'en fera comme il est indiqué ci-dessus; ici : « ouest décroît » signifie que la direction du vent qui est actuellement de l'ouest tourne vers le sud.

Ces télégrammes sont transmis avec l'émission : « petit roulé »; le dimanche elles n'ont pas lieu.

Le soir, après le service de la Marine qui termine généralement entre 8h45 et 9 heures, la tour transmet les nouvelles résumant les principaux faits de la journée à Paris et ailleurs, cette transmission est faite le plus souvent avec l'émission musicale; elle commence par « Tour de Fl — voici nouvelles », et termine par un gracieux : « Bsr (bonsoir) tous les amis de FL »

Le poste de la tour Eiffel n'est pas le seul qui transmette des choses intéressantes. Ainsi le poste allemand de Norddeich donne l'heure tous les jours à midi (heure française) et aussitôt après un télégramme.

Hoch druck gebiet 775 mittel frankreich tief druck gebiet 730 nord meer ausläufer nach west russland teil weise starke östliche ostsee stürmische süd westliche und westliche winde nord see fort dauer wahrscheinliche — Sturm varnung — minimum 730 nord meer nord see — westliche ostsee gefahr stürmischer süd westliche in signal ball. KND.

Ce télégramme n'est pas répété 2 fois, mais la transmission est très lente. KND est l'indicatif de Norddeich comme FL est celui de la tour Eiffel. Le « Sturm varnung » (annonce d'une tempête) n'est donné que quand il y a lieu.

Ce même poste de Norddeich donne tous les jours à 9h30 du matin et à 10h30 du soir les nouvelles générales (« Zeitungsdienst »); à 10 heures du soir il donne un autre bulletin météorologique rédigé comme celui du matin; de plus à différentes heures de la journée il donne quand il y a lieu d'autres « Sturm varnung ».

L'émission de Norddeich est une chantante aiguë très facile à lire même au travers des bruits parasites qui ne sont pas trop violents, de plus sa transmission est très régulière et très belle.

C'est avec ce poste que nous avons remarqué le plus de différence de réception entre le jour et la nuit : la réception est beaucoup plus faible le jour que la nuit; la différence est telle que l'on ne croirait pas recevoir du même poste; de plus cette intensité de réception varie beaucoup d'un jour à l'autre, quelquefois même au cours d'un télégramme.

Le poste anglais de Cleethorpes transmet tous les jours à 10 heures du matin et à 10 heures du soir un message météorologique : « Weather report » avec prévisions « forecast » ce message est répété 2 fois; voici celui 22 février :

Weather report — Barometer above 305 inches england and across to holland below 29.6 inches north sweden below 30.1 inches west of ireland 29.4 inches at azores falling steadily west of ireland — Forecast — wind becoming of west south and southeast generally light or moderate freshning on western sea board with clouds, some mist or fog north sea and channel rain sitting in later along west coast.

La transmission de Cleethorpes est très défectueuse; les signaux sont souvent ratés, des points manquent, de plus son émission chantante irrégulière donne une note changeante qui rend la lecture encore plus difficile; cependant l'émission est plus puissante que celle de Norddeich surtout dans la journée, sa longueur d'onde est très grande, environ 4000 mètres.

Un autre poste anglais : Poldhu au cap Lizard transmet tous les jours, de 11h30 du soir à 1 heure du matin, les nouvelles de la journée; ces nouvelles sont destinées au journal de l'Atlantique imprimé à bord des paquebots qui ont des traités avec la Compagnie Marconi.

La transmission commence toujours par une formule indiquant que ce télégramme ne doit être reçu que par ceux qui ont payé la redevance à la Compagnie Marconi.

Cette défense nous paraît un peu platonique.

La transmission de Poldhu est meilleure que celle de Cleethorpes.

Le matin à 10 heures, si Norddeich n'a pas fini ses nouvelles, il arrête pendant que Cleethorpes transmet son « Message du temps » et continue ensuite; le soir à 10 heures ils transmettent tous les deux ensemble; cependant on peut facilement recevoir l'un ou l'autre à volonté, grâce à la différence de leurs longueurs d'onde, l'onde de Norddeich étant d'environ 1800 m et celle de Cleethorpes d'environ 4000 m; on peut même recevoir les deux, car le télégramme de Norddeich étant plus court que celui d'Angleterre, on peut déjà le recevoir et ensuite arriver assez tôt sur Cleethorpes pour entendre la répétition.

Depuis peu de temps on entend un nouveau poste allemand qui a comme indicatif Poz.

Ce poste est très puissant et travaille avec une grande longueur d'onde environ 5000 mètres; à partir de 5h30 du soir il transmet toutes les demi-heures des nouvelles, chaque transmission dure environ 10 minutes, il s'arrête à 8 heures.

Ainsi qu'on le voit, les horaires des transmissions paraissent combinés pour que les grands postes ne travaillent pas plusieurs ensembles; cette entente est très heureuse; il serait à souhaiter que la tour Eiffel transmette aussi ses nouvelles à heure fixe et ait fini pour 10 heures, heure à laquelle d'autres postes travaillent, ceci en attendant qu'il y ait comme en Allemagne une transmission de jour donnant les toutes dernières nouvelles.

Nous recevons les télégrammes à l'aide des appareils de notre construction dont la bobine d'accord constituée par une spirale en ruban métallique (Voir *L'Industrie électrique*, n° du 25 août 1912, p. 362) nous donne une réception intense tout en ayant une syntonie suffisante.

Il ne nous reste plus maintenant qu'à réclamer énergiquement la liberté de la T.S.F.; tous ceux que cette question intéresse doivent s'unir, toute la presse donnerait certainement son appui et on sortirait de la situation douteuse où l'on se trouve actuellement. La loi à ce sujet étant imprécise et les décrets postérieurs n'ayant qu'une valeur relative puisqu'un simple décret ne peut modifier une loi.

J. Goussin.

L'usure des turbines à vapeur. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 9 janvier.) — M. Sonnabena donne, dans le journal de l'Union des ingénieurs civils allemands, une étude sur les résultats des observations faites dans les forges de la Haute-Silésie, sur l'usure des aubes des turbines à vapeur; les membres de l'Association de surveillance qui s'est occupée de recueillir les renseignements, ont 92 turbines à vapeur d'une

puissance de 200 000 chevaux en service, 10 turbines d'une puissance de 51 210 chevaux en montage.

Lors des essais de réception entrepris ces dernières années, on a constaté une consommation de vapeur, qui n'a pu être acceptée que grâce à la tolérance inscrite dans les devis; cela tient à ce que les constructeurs, vu la grande concurrence, comptent sur les limites de tolérance; on devrait supprimer complètement celle-ci lors des commandes.

Il a été constaté qu'à la longue la consommation de vapeur augmente, par suite de l'usure des aubes. L'usure est d'autant plus rapide que la charge à laquelle marche constamment une turbine, est plus grande. La cause de l'augmentation de consommation est que, par suite de l'usure, la direction de la vapeur sortant de l'aube est changée. L'usure dépend principalement du surchauffage des matériaux et du système de turbine. Comme métal, d'après l'expérience acquise aujourd'hui, celui qui est préférable est l'acier au nickel à 5 pour 100; c'est du reste celui qui est employé en général aujourd'hui; les aubes travaillées à la fraise sont préférables à celles estampées ou étirées. En tout cas la consommation de vapeur augmente rapidement dès que les aubes commencent à s'user; il serait à recommander de faire au moins tous les ans un essai de consommation de vapeur, afin de voir s'il n'y aurait pas lieu de changer les aubes.

L'usure se manifeste dans les turbines avec roues de vitesse; dans la turbine à pression, l'usure n'est pas à craindre et n'a pas été constatée même après des années de marche à charge forcée; les aubes construites en acier avec 5 pour 100 de nickel n'ont aucune usure. F. L.

Contrôle de la marche d'un moteur électrique au moyen d'un téléphone. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 12 décembre.) — On utilise depuis quelque temps en Angleterre le téléphone pour contrôler à distance le bon fonctionnement de moteurs électriques. Sur chaque moteur on installe un microphone, dont le cornet est tourné vers le collecteur. Les circuits de ces microphones aboutissent au bureau du directeur de l'usine, qui n'a qu'à brancher un récepteur dans le circuit pour reconnaître, d'après la hauteur et la régularité du son, si le moteur correspondant fonctionne normalement. F. L.

Statistique des installations de télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 décembre.) — Des 27 États qui avaient signé provisoirement l'entente internationale du 31 novembre 1906 pour la télégraphie sans fil, 22 l'ont définitivement ratifiée: les États-Unis, le Chili, la Grèce, l'Italie et l'Uruguay n'ont pas encore accepté définitivement. Ces dernières années, le Canada, les États australiens, la Nouvelle-Zélande, l'Union sud-africaine, l'Inde britannique, les autres colonies et protectorats anglais (à l'exception de Terre-Neuve), les colonies et possessions portugaises ont également signé l'entente.

A la fin de 1911, le nombre des postes de télégraphie sans fil, signalés au Bureau international de Berne était de 1740 dont 1482 à bord de navires; ces stations se répartissaient comme l'indique le tableau suivant :

	Stations côtières.	Stations à bord.	Total fin 1911.	Fin 1910 il y en avait
Stations publiques. . .	169	881	1050	551
Stations pour communications officielles. . .	43	571	614	602
Stations privées	4	18	22	13
Stations spéciales. . . .	8	12	20	20
Stations d'essais	3	»	3	2
Stations pour le cas d'accidents en mer seulement	31	»	31	29
Totaux.	258	1482	1740	1217

Les 1740 stations qui existaient à la fin de 1911, se répartissaient géographiquement comme il suit :

NOM DES PAYS.	STATIONS CÔTIÈRES.	STATIONS DE BORD.	TOTAUX.
Allemagne	15	262	280
Protectorats allemands	3		
Autriche-Hongrie	3	37	40
Brésil.	11	25	36
Canada	32	11	43
Danemark	8	18	26
France	17	193	213
Colonies françaises	3		
Grande-Bretagne.	42		
Colonies anglaises (en dehors de celles indiquées spécialement).	13	585	640
Indes anglaises	10	»	10
Italie	19	125	151
Colonies italiennes.	7		
Japon.	6	24	30
Maroc	4	»	4
Mexique	7	»	7
Norwège	4	20	24
Pays-Bas	6	53	59
Portugal	5	8	13
Russie	15	2	17
Suède.	3	29	32
Autres pays.	23	92	115
Totaux.	258	1482	1740

F. L.

Le chemin de fer électrique de Pampelune à Sanguesa. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 9 janvier.) — La ligne de Pampelune à Sanguesa, d'une longueur de 56 km, avec pente atteignant 70 pour 100, a un embranchement sur Aoiz. Elle a été construite il y a deux ans par la Société « El Irati » principalement pour desservir les forêts que cette société a dans les Pyrénées; elle relie en outre la capitale à de nombreuses villes de la province qui jusqu'ici, par suite du manque de communications, ne pouvaient se développer. La centrale hydro-électrique, qui appartient à la Société El Irati, est située aux environs de Aoiz, c'est-à-dire à peu près vers le milieu de la ligne principale; elle fournit directement du courant à 6000 volts, 25 périodes. La tension au fil de ligne est de 6000 v, à l'exception de la partie située à l'intérieur de Pampelune où elle est de 600 v.

Les voitures, construites par la Société « Industria electrica» de Barcelone, sont de deux types; les grandes voitures ont 33 places assises et 16 debout, les petites voitures 15 places assises et 16 debout.

Ces voitures ont des freins à main et des freins à air comprimé; le compresseur des grandes voitures est actionné par un petit moteur, ceux des petites voitures sont actionnés directement par un essieu.

Les moteurs à 600 v sont du type Latour et ont une puissance de 60 chevaux à 735 tours par minute et 600 v; ils sont à 4 pôles et complètement renfermés; les grandes voitures ont 4 moteurs, les petits 2 seulement.

Ces moteurs fonctionnent sans étincelles, leur collecteur n'exige aucun soin particulier, et ils peuvent être comparés aux meilleurs moteurs modernes à courant continu.

Parmi les appareils électriques des voitures, il faut citer particulièrement les interrupteurs, qui ont un dispositif de protection particulier, pour empêcher, autant que possible, de faire des couplages défectueux, lorsque l'on passe de la partie de la ligne à haute tension sur la partie à basse tension.

L'archet est appuyé contre le fil de la ligne au moyen de pistons poussés par l'air comprimé; quand la pression de l'air cesse, l'archet quitte le fil de ligne sous l'action de son poids. Le fil de l'archet en bronze d'aluminium est facile à remplacer il est muni d'une rainure remplie de graisse de graphite.

F. L.

La fabrication des briquettes depuis dix ans. (*Glückauf*, 9 novembre 1912.) — La production des briquettes a crû considérablement depuis dix ans. En Allemagne le tonnage produit est passé de 9,25 millions de tonnes en 1904 à 22 millions de tonnes en 1912, dont 16 millions de tonnes de briquettes de lignite. La production de briquettes de charbon proprement dites s'est accrue de 2 millions de tonnes en 1911 ; 52 mines du district de Dortmund s'occupent de cette fabrication actuellement contre 55 en 1908. La même progression a été suivie en France et en Belgique; par contre les productions autrichienne, anglaise et américaine sont faibles. La production mondiale de briquettes a été en 1911 d'environ 36 millions de tonnes. M. A.

Applications industrielles du chauffage par incandescence. — D'après une communication du *Zeitung für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*, il vient de se former une société réunissant différents brevets anglais et allemands en vue de l'application du chauffage par incandescence dans les foyers de chaudières et dans les foyers métallurgiques. Les résultats obtenus seraient satisfaisants. M. A.

Les installations électriques en Norvège. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 9 janvier.) — D'après le rapport annuel de l'inspectoral officiel pour les installations électriques, celles-ci se sont développées l'année dernière comme l'indique le tableau ci-dessous.

	Au 1er juillet 1911.	Au 1er juillet 1912.
Nombre des installations	1 130	1 230
Puissance totale des génératrices, en kw	262 095	417 607
Nombre des batteries d'accumulateurs	136	136
Capacité des batteries en A-h	9 915	10 045
Puissance utilisée pour l'éclairage, en kw	38 129	»
Puissance utilisée pour les moteurs, en kw.	97 714	126 568
Puissance utilisée pour l'électrochimie en kw.	96 786	211 131
Puissance utilisée pour d'autres objets en kw.	16 365	11 917
Nombre de lampes à incandescence	804 935	980 317
Nombre de lampes à arc	»	5 815
Nombre de moteurs	10 226	12 825

L'usine Rjukan pour l'industrie du salpêtre a été installée pendant l'année budgétaire. Pendant l'année on a constaté 11 cas d'incendie dus de toute évidence à l'électricité, et 4 cas douteux, ainsi que 6 accidents. F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Bouvines (Nord). — *Station centrale.* — Le conseil municipal a émis un avis favorable au projet de concession d'une distribution publique d'énergie pour tous usages autres que l'éclairage public et privé.

Cholet (Maine-et-Loire). — *Éclairage.* — Une enquête a été ouverte sur le projet de distribution d'énergie électrique présenté par la Société nantaise d'Éclairage et de Force par l'Électricité.

Feugerolles (Lot-et-Garonne). — *Concession de l'éclairage.* — MM. Dulac et Camicas sont nommés concessionnaires de l'éclairage électrique.

Saint-André-de-Corcy (Rhône). — *Éclairage.* — Il est question d'installer l'électricité dans cette commune.

Saint-Illide (Cantal). — *Éclairage.* — Il est question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Tauxières-Mutry (Marne). — *Éclairage.* — Il est question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune. Un projet a été soumis à la municipalité.

COLONIES

Constantine (Algérie). — *Traction électrique.* — Le projet de création des tramways électriques vient d'être reconnu d'utilité publique. Dès que l'approbation du préfet sera donnée, la construction de l'usine d'électricité commencera aussitôt.

CORRESPONDANCE

A propos de la traction à air comprimé.

Monsieur le Rédacteur en chef de l'*Industrie électrique*.

Le fonctionnement et l'économie de la traction à air comprimé sont autres que ne l'indique votre collaborateur dans votre numéro du 10 novembre 1912.

Les installations existantes datent de quinze, vingt, et trente ans, c'est dire que les usines et les automotrices peuvent être très sensiblement améliorées. Ces dernières, notamment, pourraient avoir une souplesse et une rapidité de démarrage plus grandes *que les dernières* voitures électriques. Quant au rendement de la traction à air comprimé, il est déjà comparable à celui de la traction électrique. Si vous voulez bien vous reporter au *Génie civil* du 11 septembre 1909, vous verrez que toute la chaleur de compression de l'air peut être facilement récupérée. (Le procédé indiqué est en partie appliqué de la façon la plus simple déjà.) — Il n'en est pas ainsi de celle engendrée dans la production, le transport, la transformation et l'utilisation de l'énergie électrique, il s'en faut même de beaucoup.

Enfin, en traction à air comprimé, on n'a pas à modifier la voie de roulement : et vous savez sans doute à quel prix revient l'installation du caniveau — sans compter l'entretien, les pertes de courant qu'il entraîne, l'amortissement qui diminue les bénéfices des actionnaires.

Dans le numéro ci-dessus du *Génie civil*, on a prétendu démontrer l'*infériorité complète et sous tous les rapports*, du moins dans la plupart des cas, de la traction électrique par rapport à la traction à air comprimé, tant pour les tramways que pour les chemins de fer métropolitains, de ceinture, de montagne. La comparaison des avantages et des inconvénients des deux systèmes de traction, en partant de la note ci-dessus, pourrait donner lieu à une discussion intéressante pour les chemins de fer (pour les tramways, elle n'aurait plus qu'un intérêt rétrospectif).

Veuillez agréer, etc. S.

P. S. — La supériorité de la traction électrique est aussi exacte que celle des turbines sur les machines à piston. Il suffit pour être fixé de demander l'avis des directeurs d'usines impartiaux. On peut voir aussi l'*Industrie électrique* du 10 août dernier.

Notre correspondant émet des idées plutôt révolutionnaires ! — Nous insérerons dans nos prochains numéros les réponses que ne manqueront pas de faire les défenseurs de la traction électrique. N. D. L. R.

LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION
ET
DE TRANSMISSION
AUX
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Le développement des installations de production et de transmission électriques aux États-Unis d'Amérique est caractérisé par deux particularités marquées : d'une part, la centralisation extrême de la production ; d'autre part, l'emploi des plus hautes tensions.

Les installations les plus intéressantes, parmi celles qui ont été réalisées dans les dernières années, sont, comme usines à vapeur, celles de New-York, de Chicago et de Boston, et, comme installations hydrauliques [1], celles

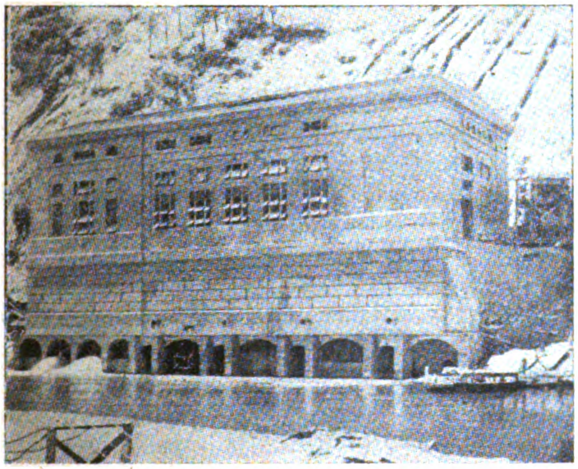


Fig. 1. — Usine de la Great Western Power C°.

de la Central Colorado Power Company (100000 volts), de la Pacific Gas and Electric Company (60000 volts, 100000 kilowatts), de la Great Western Power Company (104000 volts, 30000 kilowatts) (fig. 1), de la Stanislaus Power Company (104000 volts, 30000 kw) (fig. 2), de Los Angeles (80000 volts, 50000 kw), de la Washington Water Power Company (60000 et 100000 volts, 100000 kw), etc.

L'importance économique de la plupart de ces installations est énorme ; toutes mettent en valeur des régions très intéressantes.

La General Electric Company et la société Westinghouse, d'une part, l'Allis Chalmers Company, d'autre part, ont été les principaux agents de ce développement.

Installations hydraulico-électriques [2]. — D'après les travaux les plus récents, on peut évaluer à 200 millions de chevaux la puissance hydraulique que possèdent les États-Unis ; il va de soi que ces chutes ne sont pas toutes économiquement utilisables ; le chiffre indiqué représente le maximum de ce dont dispose le pays.

Au 1er juin 1911 la puissance utilisée atteignait 6 millions de chevaux environ, total comprenant, à concurrence de 2 millions de chevaux approximativement, de petites installations de moins de 1000 chevaux ; les grandes installations de 1000 chevaux et plus se divisent en installations commerciales, à concurrence de 3 millions de chevaux, et en installations industrielles, à concurrence d'un peu plus de 1 million de chevaux [1].

Comme nous l'avons déjà fait remarquer dans un précédent travail [2], le développement des forces motrices hydrauliques s'est concentré dans quelques régions ; c'est ainsi que 50 pour 100 des installations commerciales appartiennent aux cinq États de Californie (14 pour 100), de New-York (13,) de Washington (10), de Pennsylvanie (6),

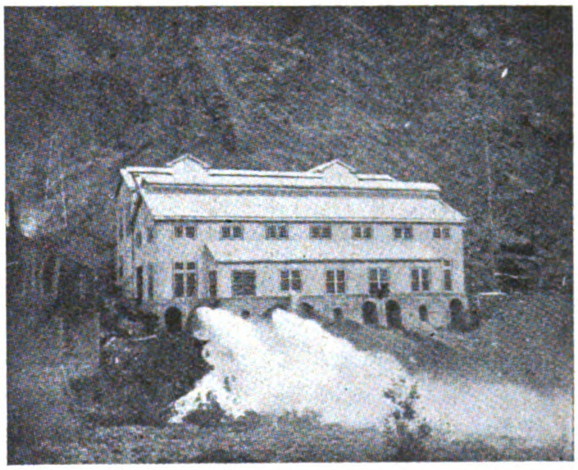


Fig. 2. — Usine de la Stanislaus Power C°.

et de la Caroline méridionale (5). La concentration est plus marquée encore en ce qui concerne les installations industrielles ; cinq États : ceux de New-York (30 pour 100), de la Nouvelle-Angleterre (36), du Minnesota et du Wisconsin (17), et de la Caroline méridionale (5) à eux seuls détiennent les 88 pour 100 du total.

Installations à vapeur. — Nous ne parlerons pas spécialement des grandes installations génératrices à vapeur, bien que les énormes groupes que beaucoup de centrales métropolitaines ont installés récemment soient dignes d'être étudiés de près.

La création des installations à la mine retiendra davantage notre attention, à raison de l'intérêt économique qu'offre cet exemple pour toutes les régions charbonnières.

---

[1] J. Lyman, Recent hydroelectric developments in the West. *General electric Review*, janvier 1911, p. 5.

[2] D. B. Rushmore, Recent hydro-electric development. *General electric Review*, juin 1912, p. 330 ; J. Lyman, article cité.

[1] Chiffres arrêtés par le Bureau of Corporation.

[2] H. Marchand. Les transmissions à haute tension en Amérique, voy. *L'Industrie électrique*, 25 juillet 1911, p. 325.

Tandis que quelques charbonnages ont pu avoir intérêt à acheter l'énergie électrique dont elles ont besoin à des installations hydraulico-électriques particulièrement favorisées, plusieurs exploitations ont trouvé grand avantage à employer leur propre combustible pour la production directe de l'énergie électrique non seulement en vue de leurs besoins, mais pour la distribuer aux établissements industriels voisins.

L'exemple le plus typique d'une installation de ce genre est celui d'Harwood Electric C° qui, en brûlant la houille sèche qu'elle extrait, arrive à produire de l'électricité à un prix inférieur à tous ceux atteints jusqu'ici [1]. La Leligh Navigation Electric C° s'occupe de la construction d'une installation du même genre, en vue de la mise en valeur d'un gisement d'anthracite, abandonné jusqu'ici, dans le voisinage de New-York et de Philadelphie; la puissance prévue est de 140 000 kw.

Remarques générales sur l'outillage [2]. — Ce qui frappe tout d'abord dans l'examen de l'outillage, c'est l'augmentation de la taille des machines génératrices et des machines de transformation; elle se fait d'une façon tellement rapide qu'il semble presque que l'on n'ait plus à en prévoir la limite. Des groupes électrogènes à vapeur de 20000 kw sont en service depuis quelque temps déjà; on étudie la construction de machines plus grandes encore; on arrive à la même taille pour les groupes hydrauliques. L'installation des Shawinigan Falls possède des transformateurs de 14000 kw.

Une observation attentive montre que le progrès fait dans cette première voie n'a nullement empêché l'amélioration du détail de la construction.

Le réseau des installations de distribution à haute tension est devenu tellement compliqué en beaucoup d'endroits, que l'on tend de plus en plus à substituer l'emploi des appareils automatiques au service manuel; les instruments dont il s'agit ont déjà acquis un haut degré de perfection; la demande impérative qui en est faite permet néanmoins de dire qu'ils s'amélioreront encore beaucoup dans un avenir prochain.

De même, on s'est efforcé de simplifier le plus possible l'outillage des petites sous-stations, pour en arriver à emprunter directement aux lignes à haute tension, sans nuire au service général, de petites puissances mises à la disposition de consommateurs isolés, dans des conditions irréprochables de régularité et de stabilité.

Quant aux tensions de transmission, il y a actuellement beaucoup d'installations fonctionnant avec une tension de 100000 v, et l'on peut considérer cette tension comme une tension normale; l'installation à 145000 v de la Michigan Power C° est en service régulier depuis plusieurs mois; il en est de même du système de la Commission hydro-électrique de l'Ontario. La limitation des tensions de transmission peut être déterminée soit par des raisons économiques, soit par les pertes dues au courant de charge, soit par l'effet corona; l'étude de ce dernier phénomène a fait l'objet de travaux extrêmement intéressants que nous avons signalés.

On peut noter une tendance assez marquée vers l'abaissement de la fréquence; les basses fréquences sont en effet plus avantageuses pour les hautes tensions que les fréquences élevées; de plus, on tend à électrifier les grands réseaux de chemins de fer, ce qui conduit à l'emploi de fréquences modérées.

Caractéristiques générales des installations hydraulico-électriques. — Les exigences auxquelles doivent satisfaire les installations hydraulico-électriques sont de plus en plus sévères. La continuité parfaite du service est imposée d'une façon absolue; aussi, l'outillage s'améliore sans cesse, d'un bout à l'autre de la construction, depuis le matériel hydraulique jusqu'à l'équipement des stations de distribution. Les frais d'installation sont considérables, mais les frais de dépréciation, de réparation et d'entretien sont réduits dans une mesure équivalente.

D'un autre côté, on n'a pas toute la liberté désirable dans l'établissement des nouvelles installations, parce que la plupart du temps celles-ci sont réalisées pour fonctionner conjointement avec des installations anciennes, de sorte qu'il faut respecter des données déterminées, au point de vue, par exemple, de la fréquence, de la tension de distribution, etc. Ces conditions rendent fréquemment nécessaires des tranformations d'énergie qui sont relativement coûteuses, pour établir la concordance entre les méthodes de production et de transmission nouvelles et les procédés appliqués antérieurement.

Enfin, on voit se multiplier beaucoup les installations de réserve à vapeur, par suite de ce que les irrégularités de fonctionnement des installations hydraulico-électriques s'accentuent; le déboisement désastreux, aujourd'hui trois fois plus rapide que la croissance, occasionne de graves perturbations dans le régime de beaucoup de cours d'eau.

En somme, la situation est généralement difficile. Si les obstacles rencontrés ont pu accélérer le perfectionnement des procédés et s'ils ont été favorables à l'amélioration de la construction, ils nuisent par contre, au développement général de l'utilisation de la houille blanche, et c'est là un important enseignement pour les pays qui seraient enclins à trop sacrifier l'avenir au présent. Remarquons encore, pour ce qui concerne les États-Unis, que l'on est entré aujourd'hui dans la voie de l'utilisation de forces motrices hydrauliques situées à très grandes distances des centres d'utilisation et qu'il est probable que les résultats obtenus jusqu'ici donneront une nouvelle impulsion à la mise en valeur des forces du pays.

Machines hydrauliques. — Rendement. — La construction a été améliorée et l'on arrive aujourd'hui à un rendement de 90 pour 100.

Paliers. — On a augmenté la puissance des groupes, ainsi que les vitesses pour des puissances données;

[1] The Harwood electric Plant. *General electric Review*, mai 1911, p. 242.

[2] D. B. Rushmore, article cité.

comme conséquence, on a dû améliorer la construction des paliers; le problème a été résolu notamment par l'emploi de paliers combinés à rouleaux et à pression (fig. 3).

Freins [1]. — Dans beaucoup d'installations, on a jugé utile d'adapter aux turbines des freins permettant de les arrêter rapidement. Généralement, c'est à la périphérie de l'alternateur que l'on freine. Un moyen avantageux d'actionner le frein est d'employer l'huile sous pression utilisée pour le service des régulateurs. L'arrêt doit pouvoir se faire en deux ou trois minutes. La surface de frottement des freins est en bois.

Génératrices [1]. — La diversité des conditions de fonctionnement rencontrées dans les installations hydraulico-

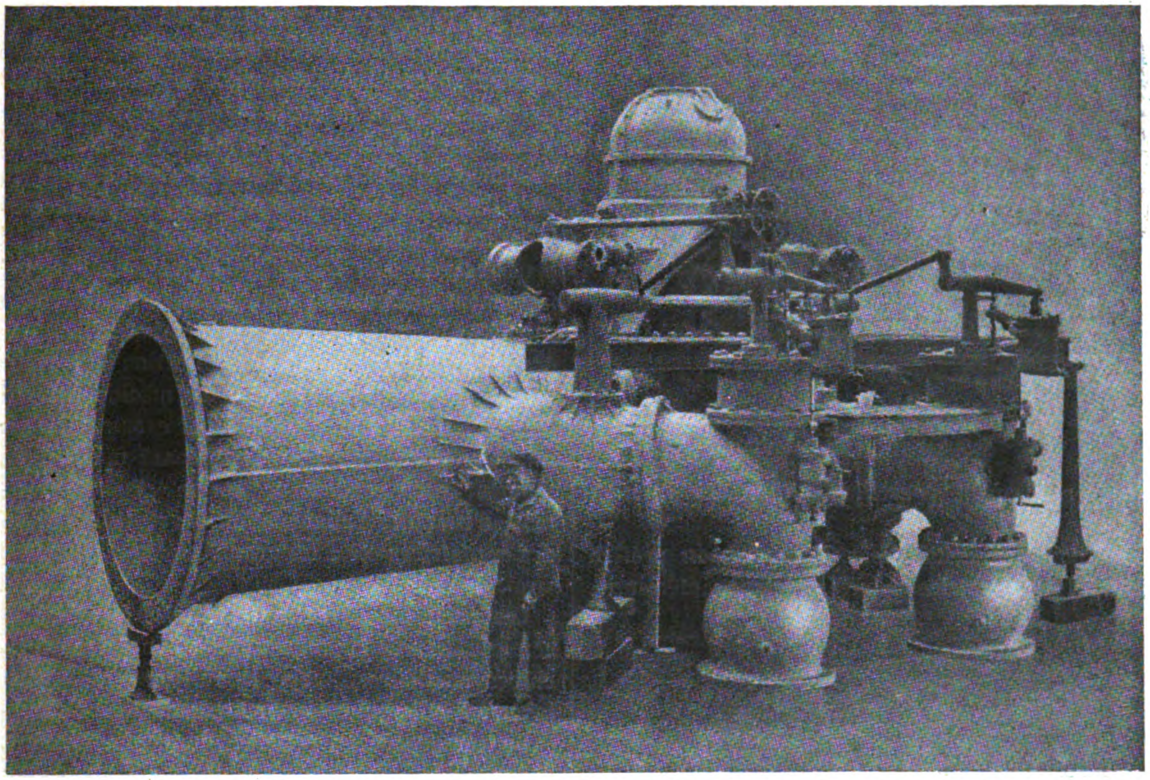


Fig. 3. — Turbine avec paliers à rouleaux et à pression.

électriques a fait naître le besoin de génératrices marchant à des vitesses tantôt de beaucoup supérieures, tantôt de beaucoup inférieures, aux vitesses de marche des génératrices que l'on avait à construire il y a quelques années.

On emploie généralement des machines à inducteur tournant, et de préférence à pôles saillants parce que la construction de ce genre de machines est plus simple. Le rotor est habituellement formé d'un croisillon d'acier, dont la périphérie présente des rainures en queue d'aronde, pour l'insertion des pièces polaires; la forme de celles-ci est indiquée, pour la construction de l'une des plus grandes maisons américaines, à la figure 4. Le calcul de ces parties a fait l'objet d'études approfondies, et l'on estime que les dispositions actuelles éliminent tout danger.

Pour les très grosses machines, la partie tournante est en deux ou plusieurs pièces, les lignes de division perpendiculaires à l'arbre. La figure 5 représente un croisillon de ce genre formé de trois parties. Le but du divisionnement est non seulement de faciliter les opérations de manutention, mais d'assurer une meilleure fabrication; les

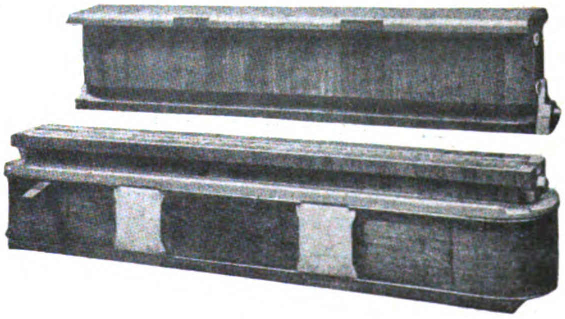


Fig. 4. — Pièces polaires.

pièces séparées sont mieux mises à l'abri des défauts de coulage. Dans de très grandes machines, la division a été

[1] H. G. Reist, Design of water wheel-driven generators. *General electric Review*, juin 1912, p. 379.

[1] H. G. Reist, article cité.

poussée extrêmement loin et l'on a constitué la partie du rotor de plaques d'acier laminé.

Ce système représenté par la figure 6 a été appliqué par exemple à des machines de 10000 kw à 514 t : min,

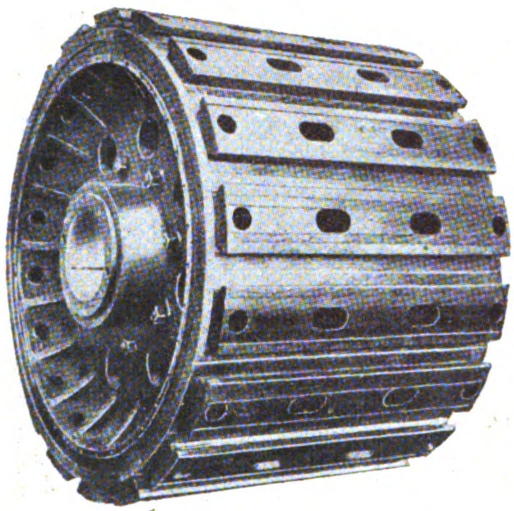


Fig. 6. — Croisillon.

construites récemment pour l'installation des Tallulah Falls.

Comme pour les installations à vapeur, on préfère aujourd'hui les génératrices à forte réactance intérieure ;

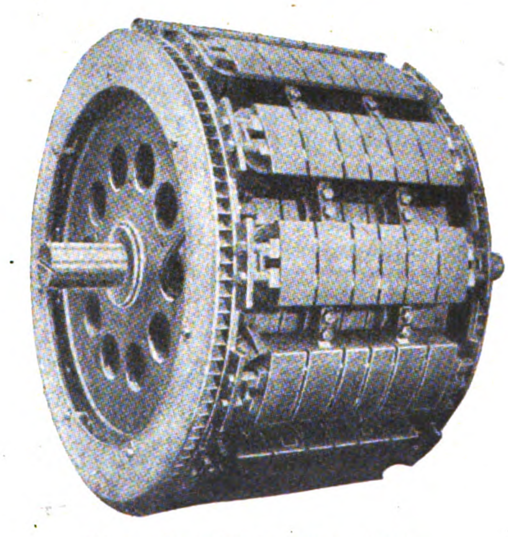


Fig. 6. — Rotor de machines de 10000 kw.

la régulation n'en est pas bonne, mais ce défaut est facilement corrigé au moyen des dispositifs régulateurs dont on dispose aujourd'hui ; on tend à aller jusqu'à 20 pour 100 de réactance.

D'autre part, lorsqu'on admet une forte réactance, les machines peuvent être réalisées avec un entrefer plus large, un rendement supérieur, particulièrement aux faibles charges, un poids moindre, des paliers plus faibles, des pertes de frottement inférieures, etc.

La tension de génération la plus fréquemment adoptée pour les nouvelles génératrices est de 11000 v.

Les effets corona se produisant sur les enroulements ont été observés et étudiés et on y prête la plus grande attention, surtout dans la construction des machines destinées à fonctionner à de hautes altitudes.

Excitatrices (¹). — Comme partout, l'emploi des génératrices à excitatrice propre, montée en bout d'arbre, s'est généralisé dans les stations génératrices américaines. Certains spécialistes voudraient cependant, disent-ils, n'en pas voir abuser ; ils sont d'avis que pour des installations comprenant plus de trois ou quatre groupes, l'emploi d'excitatrices indépendantes est préférable, parce que l'outillage est alors plus simple et surtout parce que l'on est à l'abri des interruptions graves que peut occasionner le moindre défaut de l'excitatrice si la génératrice ne peut recevoir son excitation d'une machine spéciale, facilement dédoublée, d'un groupe générateur séparé suppléé par un groupe moteur générateur, etc. Ils voudraient aussi voir s'étendre l'application de la commande électrique pour l'actionnement des machines auxiliaires ; dans une installation à vapeur par exemple, ils emploieraient un groupe ou deux comprenant une turbine fonctionnant sans condenseur et un générateur à basse tension servant à l'alimentation des moteurs des pompes, des excitatrices etc. ; un groupe moteur générateur servirait de réserve.

Les partisans de ce système conserveraient donc la centralisation de la production de l'énergie pour ces machines auxiliaires, mais la réaliseraient d'une façon inverse à celle qui est ordinairement préconisée.

On a reproché au système de commande électrique des machines auxiliaires au moyen de groupes moteurs générateurs de mettre l'installation à la merci des moindres perturbations ; ils éviteraient cet inconvénient en employant un groupe générateur auxiliaire spécial. Ce groupe aurait, disent-ils, un rendement supérieur ; son prix serait moindre que celui des machines distinctes ; son fonctionnement serait plus sûr ; la protection en serait mieux garantie, car la taille en serait importante.

Tamponnage des excitatrices au moyen d'accumulateurs (²). — L'emploi de batteries d'accumulateurs pour le tamponnage des excitatrices s'est étendu d'une façon considérable. Il avait d'abord rencontré quelques difficultés par suite de ce qu'il était difficile d'appliquer à l'installation une régulation automatique ; mais cette difficulté a été surmontée par la disposition suivante : les excitatrices y sont constituées par des dynamos shunt fonctionnant en parallèle, sur des barres collectrices dites barres d'excitatrices ; à ces barres est également reliée la batterie ; les génératrices principales reçoivent leur exci-

(¹) C. W. Stone, Some problems in Centrale stations. *General electric Review*, janvier 1912, p. 345.
(²) C. W. Stone, article cité.

tation d'un second groupe de barres, appelées barres d'excitation; entre les barres d'excitatrices et les barres d'excitation est placé un survolteur-dévolteur, dont le champ est réglé par un régulateur automatique; les barres d'excitatrices sont maintenues à tension constante et les fluctuations de tension, par l'effet du fonctionnement du survolteur-dévolteur, sont reportés intégralement sur les barres d'excitation.

Avec cette disposition, l'arrêt d'une excitatrice ne peut produire aucune perturbation appréciable; d'autre part, si le survolteur fait défaut, on le met hors de circuit en reliant directement les barres d'excitatrices et d'excitation.

Interrupteurs (¹). — L'augmentation de la puissance des groupes générateurs a conduit à l'emploi d'interrupteurs de plus en plus gros et de construction de plus en plus soignée (fig. 7).

Nous avons suffisamment parlé déjà des principaux types d'interrupteurs employés en Amérique, et des dispositions qui les caractérisent pour ne devoir plus y revenir, bien que les progrès réalisés dans la construction de ces dispositifs ne cessent pas.

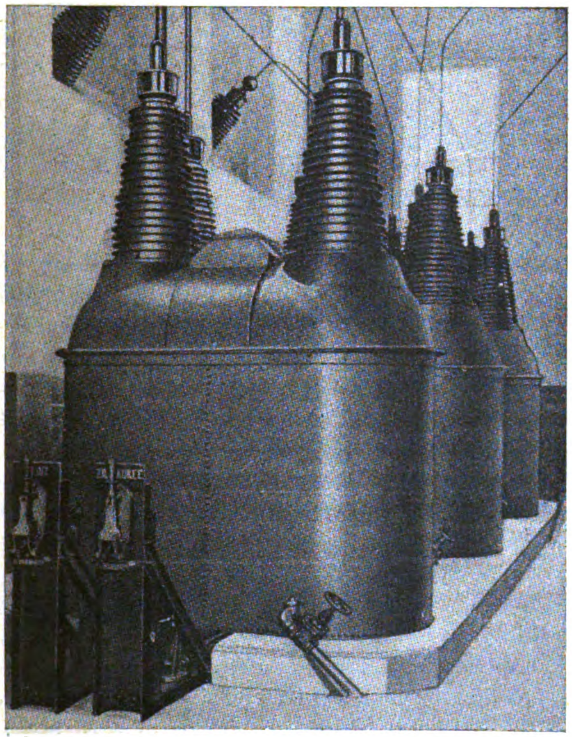


Fig. 7. — Interrupteur à très haute tension.

On se rappelle quelles furent les différentes dispositions essayées dans le passé pour arriver à couper des courants de grande intensité : interrupteur à air, interrupteurs à gravier; interrupteur à cloison isolante mobile; interrupteur à rupture divisée, interrupteur à tube (avec piston soufflant l'arc hors du tube), interrupteur à soufflage pneumatique; interrupteur à huile.

Ce dernier système ayant été reconnu le plus efficace, on a cherché à en déterminer la forme la plus avantageuse et on a expérimenté les interrupteurs à couteaux, à tambour, à tiges; puis, avec l'augmentation des intensités sont venus les interrupteurs à double rupture et ensuite, avec les hautes tensions, les interrupteurs à deux coupures, s'effectuant dans des compartiments distincts, fermés à l'air d'abord, ouverts plus tard. De l'huile étant projetée à l'intérieur, on augmenta les dimensions de la chambre d'explosion et on la munit d'un orifice de ventilation, pour prévenir la formation de mélanges explosifs.



Fig. 8.

Ce sont des interrupteurs de ce dernier type que l'on employait ordinairement il y a quelques années; il fut cependant reconnu qu'ils ne suffisaient pas encore pour les tensions et les puissances que l'on met en œuvre dans les grandes installations modernes.

Les nouvelles études entreprises aboutirent à l'emploi de cloisonnements intérieurs (fig. 8), maintenant l'huile contre les contacts fixes et empêchant que les gaz qui se forment au moment de la rupture projettent le liquide à distance puis viennent s'allumer à la surface.

Enfin, en ces tout derniers temps, les cloisonnements ont été modifiés et les puissances ont pu être doublées encore; mais il n'est pas probable que l'on puisse, avec les procédés actuels, aller au delà de cette limite.

L'attention a dû se porter aussi sur l'isolement des bornes; l'expérience avait montré que la porcelaine ne suffit plus comme garniture des orifices de traversée, au delà de 40000 v, et c'est ainsi que l'on en est venu à l'emploi des bornes condensateurs, créées en Allemagne, et des bornes à isolants graduées, créées aux Etats-Unis mêmes.

Cellules de barres et d'interrupteurs (¹). — Pour la très haute tension, la pratique la plus répandue aujourd'hui est de suspendre les appareils ou barres aux toitures; mais la construction en cellules continue à être employée régulièrement pour les hautes et les moyennes tensions.

Les compartiments des barres omnibus étaient ordinairement construits autrefois en briques, avec cloisons de stéatite et d'ardoise; à présent, on emploie beaucoup le béton armé, tant pour les parois que pour les panneaux; du moment que cette matière peut être préparée dans de bonnes conditions, elle est préférable aux matériaux anciennement utilisés.

(¹) D. S. Morgan, Most recent development in oil switch design. *General electric Review*, septembre 1911, p. 445.

(¹) E. Bern, Bus and switch compartments. *General electric Review*, août 1912, p. 517.

Les dimensions générales des cellules et compartiments sont principalement déterminées par la distance minima à observer entre les conducteurs et le sol, les cloisons en béton ou en maçonnerie étant en l'occurrence considérés comme terre. Les distances théoriques doivent être dépassées dans une certaine mesure, afin d'éviter tout mécompte.

Régulation automatique de la tension sur les systèmes de transmission (¹). — Le système habituel de réglage,

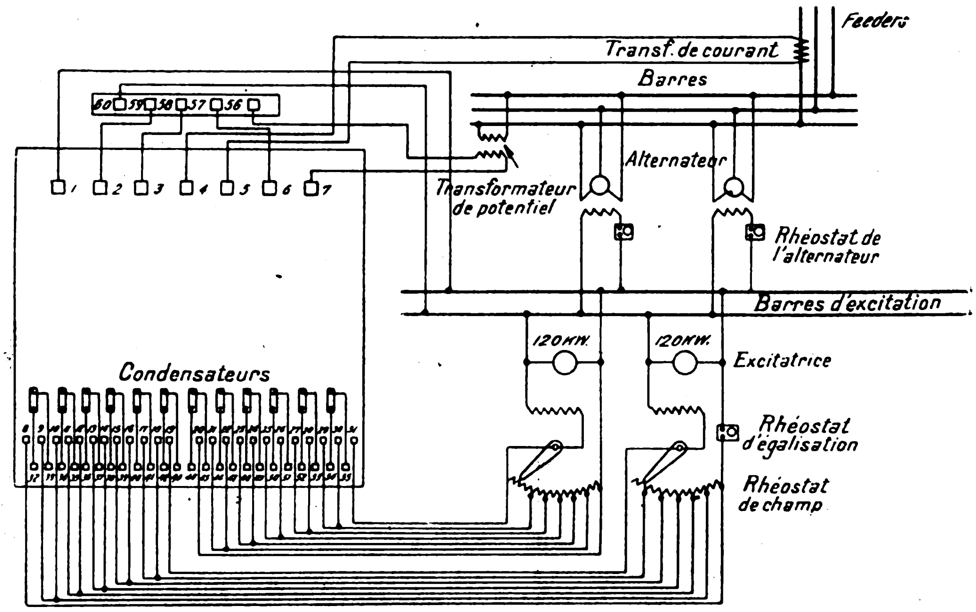


Fig. 9. — Schéma du système de réglage de deux excitatrices.

dans les installations à vapeur et dans les installations hydrauliques, consiste à agir sur leur excitation, les excitatrices elles-mêmes marchant à pleine tension ; ce système donne toujours lieu à des pertes élevées.

Le réglage automatique a pour but d'éviter ces pertes ;

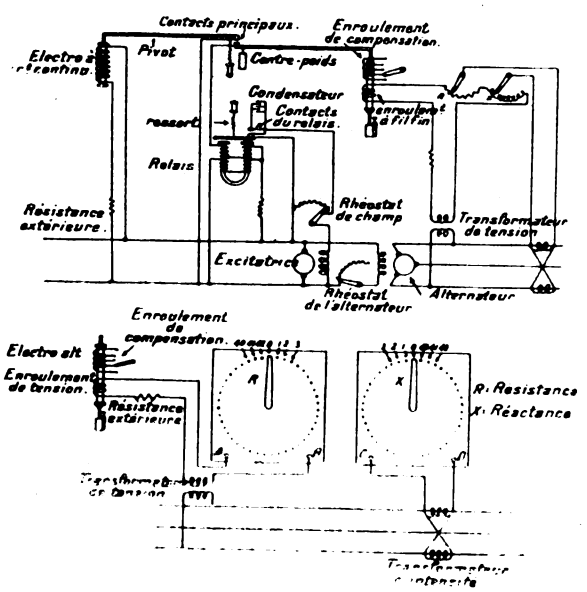


Fig. 10. — Schéma d'un compensateur de chute de tension.

il consiste, en principe, à agir directement sur l'excitatrice, en shuntant de façon convenable son rhéostat de champ.

La figure 9 donne les schémas des dispositions que l'on peut employer dans une installation comprenant deux excitatrices travaillant en parallèle sur les barres d'excitation des génératrices principales.

Le réglage est assuré au moyen d'un régulateur à douze relais, six relais étant employés pour chaque excitatrice, et agissant sur le rhéostat de champ.

Un transformateur de courant est inséré sur le circuit principal ; il sert à compenser la chute de tension non inductive sur la ligne.

Le même système peut être combiné pour compenser aussi la chute de tension inductive. On utilise alors un dispositif formé d'une résistance et d'une réactance réglables et de deux transformateurs de courant (fig. 10) ; la compensation peut s'opérer ainsi pour une chute de 15 à 20 pour 100. On combine souvent à ce procédé l'emploi d'un condensateur synchrone, qui améliore le facteur de puissance.

Des dispositions identiques sont réalisables dans les installations où les génératrices fonctionnent chacune avec leur excitatrice propre ; les génératrices sont alors en parallèle, mais les excitatrices sont séparées.

Un transformateur de courant est inséré entre les barres des deux alternateurs ; il est relié à l'un des régulateurs et il en contrôle le fonctionnement de manière à affaiblir ou à renforcer l'excitation du générateur correspondant lorsqu'il arrive que des échanges de courant tendent à

(¹) H. A. Laycock, Automatic voltage regulation. *General electric Review*, juin 1912, p. 365.

s'établir entre les alternateurs, en modifiant le facteur de puissance.

Pour maintenir, en même temps que la constance de la tension en un point donné, un facteur de puissance de caractère déterminé, on emploie un moteur synchrone

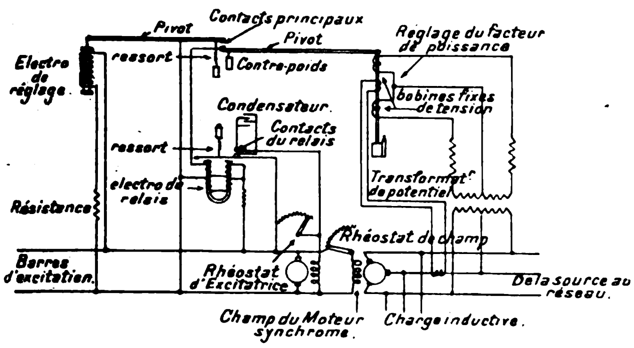


Fig. 11. — Réglage du facteur de puissance.

correcteur et un régulateur de facteur de puissance, comprenant deux bobines fixes, de tension, et une bobine mobile, de courant (fig. 11). Cette dernière est conditionnée de telle façon que le courant y soit décalé de 120°, par rapport à la tension lorsque le facteur de puissance est égal à l'unité; si le facteur de puissance tend à se modifier dans un sens ou dans l'autre, l'excitation du dit moteur synchrone est augmentée ou diminuée en proportion et le facteur de puissance est donc rétabli. La valeur du facteur de puissance est déterminée par la position initiale donnée à la bobine mobile; elle peut être réglée pour toutes grandeurs de décalage en avant ou en arrière jusqu'à 80 pour 100.

L'application des procédés de réglage automatique de la tension peut augmenter le danger des courts-circuits, parce que les générateurs tendent à maintenir la tension normale et que, si le court-circuit cesse brusquement, il se produit une forte surtension; le régulateur des machines primaires ne peut en effet rentrer en jeu aussi rapidement qu'il le faudrait et les inducteurs ne se désaimantent pas instantanément.

Pour remédier à cet inconvénient, il est fait usage ([1]) d'un relais spécial (fig. 12) comprenant une bobine d'intensité et une bobine de tension et qui réduit automatiquement l'excitation des excitatrices lorsque la charge devient excessive, lorsqu'il se reproduit une surtension, etc.

Il agit à cette fin sur un petit contacteur auxiliaire commandant elle-même une résistance séparée du champ

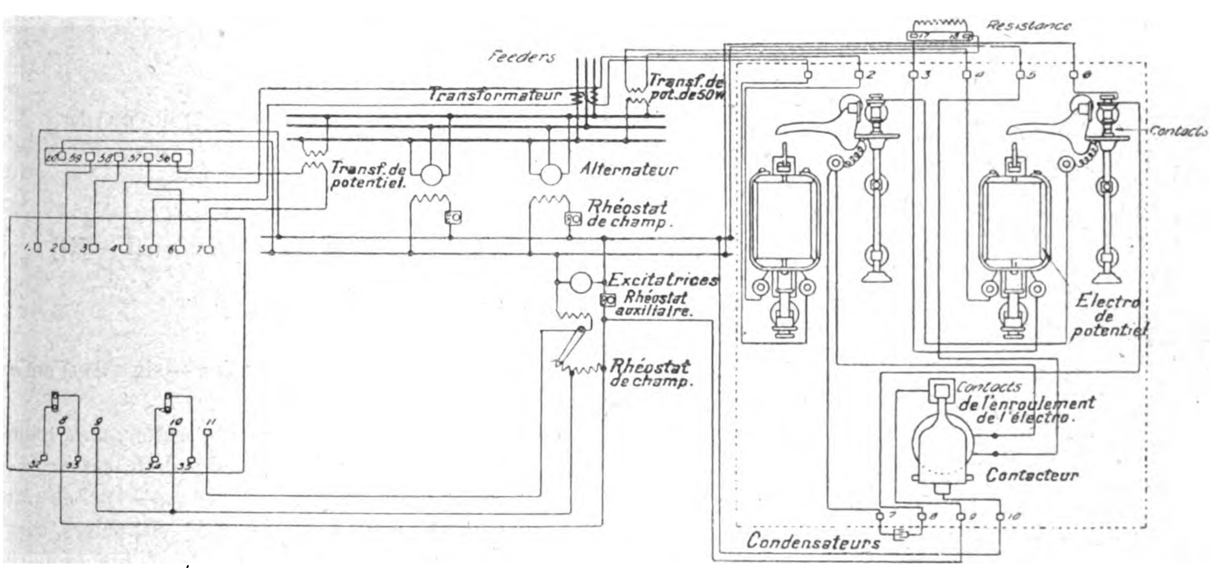


Fig. 12. — Système de réglage évitant les surtensions.

d'excitation ou des génératrices; sa taille dépend du nombre des machines installées; il peut être réglé pour la charge et pour la tension.

Divisionnement des barres omnibus principales ([1]). — On s'est borné autrefois à sectionner les barres, puis à installer des réactances dans les circuits de chaque génératrice; aujourd'hui, on préfère placer les réactances entre les sections, pour permettre à l'opérateur de faire fonctionner toutes les machines en parallèle tout en shuntant les intensités de court-circuit. Nous avons décrit précédemment le type de réactance employé à cette fin ([2]); il comporte un noyau hexagonal en béton, des bras radiaux portant un enroulement en câble nu, qui est isolé des bras aux points de support par des manchons en mica; l'enroulement comprend deux ou trois couches de spires.

L'une des plus grandes installations de ce genre est celle de la station de Quarry street de la Commonwealth

([1]) C. W. Stone, article cité.

([1]) E. F. Gehrkens. Line drop compensators. *General electric Review*, mars. 1912. p. 162.

([2]) H. Marchand. Emploi des bobines de réactance comme dispositifs de protection contre les courts-circuits, voy. *L'Industrie électrique*. 25 mars 1912. p. 132.

Edison Company. Toutes les génératrices et tous les feeders sont protégés séparément par une réactance et les barres omnibus sont sectionnées en deux parties entre lesquelles sont établies des réactances générales; grâce à cette disposition, des courts-circuits qui se traduisaient auparavant par des désastres, ne donnent plus lieu à aucun dérangement.

On peut aussi se prémunir contre les accidents en mettant le neutre à la terre; mais ce procédé perd de son intérêt lorsque des réactances sont utilisées pour limiter les courants de court-circuit.

(*A suivre.*) MARCHAND.

UNE NOUVELLE MÉTHODE POUR L'ANALYSE DES COURBES PÉRIODIQUES

Dans cette méthode, due à M. Fiedrich Meurer, ingénieur diplômé à Dresde [1], on remplace la courbe par des rectangles ayant deux côtés parallèles à l'axe des temps,

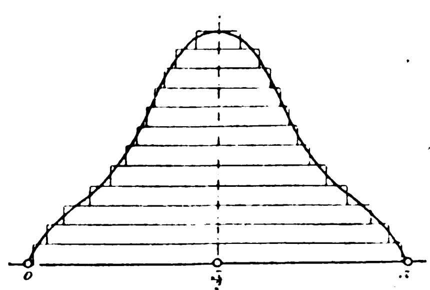


Fig. 1.

et ces rectangles sont décomposés en leurs harmoniques.

La décomposition peut se faire aussi bien graphiquement, au moyen d'un transparent, que par le calcul.

D'après Fourier, une fonction périodique qui varie de $-\pi$ à $+\pi$ peut être représentée par la série

$$f(x) = a_1 \cos x + b_1 \sin x + a_2 \cos 2x + b_2 \sin^2 x + \ldots + a_n \cos nx + b_n \cos nx \quad (1)$$

dans laquelle a_1, b_1, a_2, b_2, etc., sont les amplitudes des fonctions sinusoïdales.

Après quelques simplifications on arrive aux relations :

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} [f(x) + f(-x)] \cos(nx)\, dx. \quad (2)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} [f(x) - f(-x)] \sin(nx)\, dx. \quad (3)$$

M. Meurer applique d'abord la méthode à une onde symétrique, car dans ce cas il y a une grande simplification. Une telle courbe peut être décomposée en un certain nombre de rectangles (fig. 1), qui sont tous symétriques par rapport à l'ordonnée $\frac{\pi}{2}$. La méthode consiste à décomposer ces rectangles en leurs harmoniques et à faire la somme des amplitudes des harmoniques de même ordre, pour avoir celle de l'harmonique de la courbe. Le problème se réduit donc à décomposer un rectangle en ses harmoniques, ce rectangle étant symétrique par rapport à l'ordonnée $\frac{\pi}{2}$.

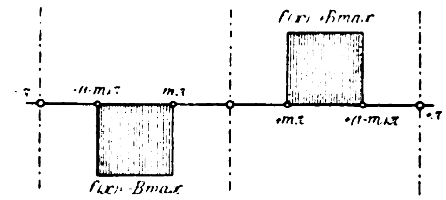


Fig. 2.

La relation 2, dans le cas de la figure 2, donne $a_n = 0$, car :

$$f(x) - f(-x) = \mathcal{B}_{max} + (-\mathcal{B}_{max}) = 0,$$

en effet, dans le cas d'ondes symétriques, on sait que les termes en cosinus disparaissent.

La relation 3 donne :

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{\pi m}^{\pi(1-m)} [\mathcal{B}_{max} - (-\mathcal{B}_{max})] \sin(nx)\, dx$$

ou bien

$$b_n = \frac{2\mathcal{B}_{max}}{n\pi} [\cos n\pi m - \cos n\pi(1-m)]$$

cette relation peut s'écrire aussi :

$$b_n = \frac{2\mathcal{B}_{max}}{n\pi} [\cos n\pi m(1 - \cos n\pi - \sin n\pi m) \sin n\pi].$$

Comme n est toujours un nombre entier, on a toujours $\sin n\pi = 0$; pour des valeurs paires de n, $\cos n\pi = +1$ et pour des valeurs impaires, $\cos n\pi = -1$. Il en résulte que, pour toutes les valeurs de n qui sont paires, $b_n = 0$; on sait, du reste, qu'une courbe périodique symétrique n'a pas d'harmoniques paires. Pour toutes les valeurs de n (qui sont impaires), on a :

$$b_n = \frac{4\mathcal{B}_{max}}{n\pi} \cos n\pi m. \quad (4)$$

Le coefficient b_n est donc une fonction en cosinus de la valeur πm, c'est-à-dire de la distance de l'extrémité du rectangle à l'origine des coordonnées, qui peut avoir les valeurs suivantes :

Cos $n\pi m$ est égal à 0, pour les valeurs de $n\pi m$ égales à $\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}$, etc., etc., c'est-à-dire pour m égal à $\frac{1}{2n}, \frac{3}{2n}, \frac{5}{2n}$.

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift* du 30 janvier.

Cos $n\pi m$ est égal à $+1$ pour les valeurs de $n\pi m$ égales à 0, 2π, 4π, c'est-à-dire pour m égal à 0, $\frac{2}{n}$, $\frac{4}{n}$, etc., etc.

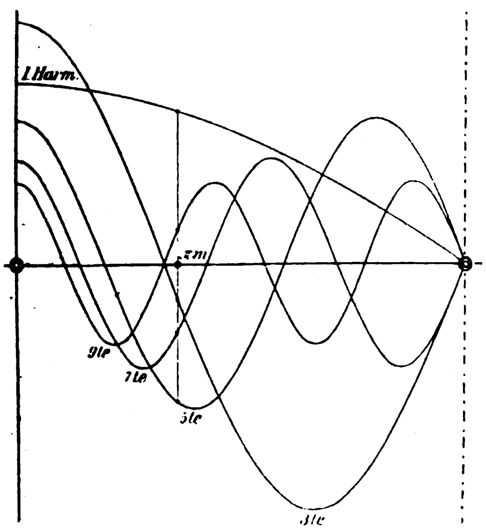


Fig. 3.

Cos $n\pi m$ est égal à -1, pour les valeurs de $n\pi m$ égales à π, 3π, 5π, etc., c'est-à-dire pour m égal à $\frac{1}{n}$, $\frac{3}{n}$, $\frac{5}{n}$, etc., etc.

Il en résulte que la valeur $\frac{4}{n\pi} \cdot \cos n\pi m$ de la rela-

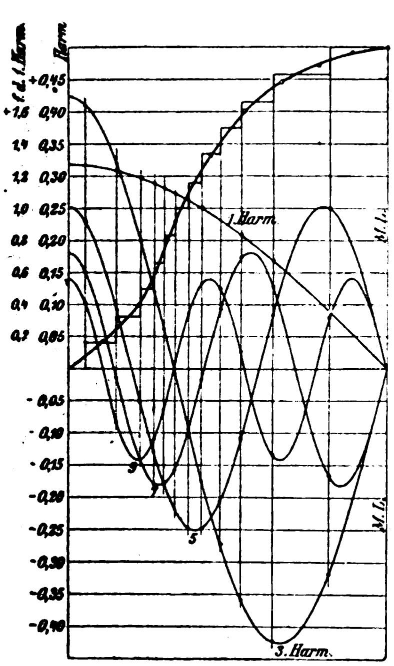


Fig. 4.

tion (4) peut être considérée comme une fonction en cosinus de m, ayant l'amplitude $\frac{4}{n\pi}$. Ces courbes, depuis l'onde fondamentale jusqu'à l'harmonique que l'on veut encore considérer dans l'analyse, seront portées à partir de la même origine de coordonnée, comme le montre la figure 3.

Quand on mène une perpendiculaire à l'axe des abcisses à la distance πm de l'origine, elle coupe toutes ces sinusoïdes, soit du côté positif, soit du côté négatif, et les ordonnées sont les amplitudes des harmoniques du rectangle exprimées en fractions ou multiples de $\mathfrak{B}_{max}$. Cela se produit pour chacun des petits rectangles dans lesquels est partagée la courbe. Si on additionne les amplitudes de la n^{me} harmonique en cosinus, de tous les rectangles, on a l'amplitude de la n^{me} harmonique de la courbe.

Il n'est pas nécessaire de partager la courbe en rectangles de même hauteur, mais cependant, dans la plupart des cas, on doit le faire à cause de la simplicité. Aux endroits où la courbe ne peut pas bien être rem-

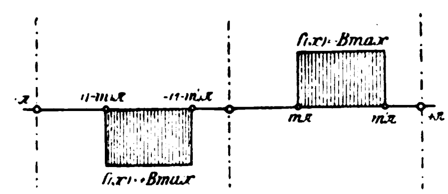


Fig. 5.

placée par des rectangles ayant la hauteur choisie, il y a lieu de prendre des rectangles ayant la moitié de la hauteur; il faut alors, lorsque l'on fait la somme des ordon-

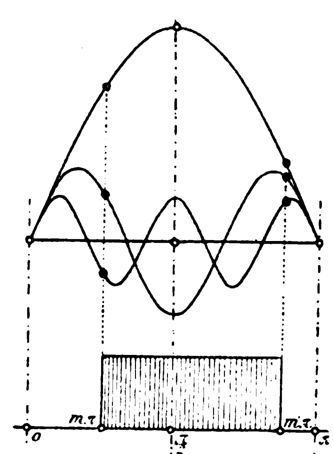


Fig. 6.

nées des ondes, ne prendre que la moitié des valeurs relatives à ces rectangles. Dans les cas de courbes avec plus d'un maximum, on peut prendre avec avantage des rectangles inverses pour la représenter, c'est-à-dire des rectangles dont la base est à la partie supérieure; les ordonnées correspondantes doivent alors être prises dans la somme avec un signe inverse de celui qu'elles ont.

Il est bon de dessiner la série de sinusoïdes sur une feuille de papier millimétré et d'en prendre des calques

sur lesquels la courbe à décomposer est rapportée; on peut alors facilement mesurer les ordonnées avec un compas. Le degré d'approximation avec la courbe vraie peut être choisi suivant les cas, il peut même varier pour les diverses parties d'une même courbe.

Une comparaison de l'exactitude de la méthode avec celle des coefficients algébriques, peut être faite en choisissant une courbe triangulaire dont la base va de $-\frac{\pi}{2}$ à $+\frac{\pi}{2}$, ainsi que l'indique le tableau I.

TABLEAU I.

AMPLITUDES DES HARMONIQUES ORDONNÉE MAX. DE LA COURBE = 100	1re HARMONIQUE	3e HARMONIQUE	5e HARMONIQUE	7e HARMONIQUE	9e HARMONIQUE
Valeurs exactes, trouvées en employant l'analyse supérieure	81,10	9,01	3,24	1,66	1
Méthode algébrique. 12 coefficients par demi-onde.. .	81,17	8,52	3,58	1.77	pas calculé
Méthode graphique. 12 rectangles par demi-onde.. .	81,25	8,95	3,35	1,64	1,44

On voit que la méthode graphique est au moins aussi exacte que la méthode algébrique.

Pour l'analyse algébrique des ondes symétriques dé-

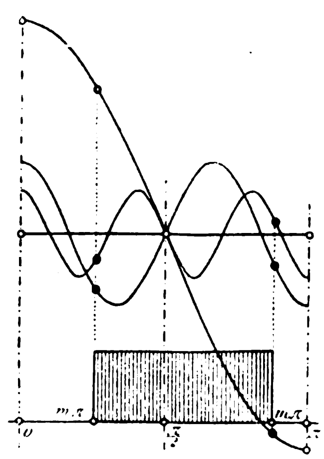


Fig. 7.

composées en rectangles comme nous l'avons indiqué, on peut se servir de la relation (4), qui mène aussi facilement et rapidement au but.

La figure 4 est un exemple de l'analyse d'une demionde symétrique.

Pour appliquer la même méthode à une onde non symétrique, il faut résoudre le problème de trouver les harmoniques d'un rectangle qui n'est pas symétriquement placé entre les abcisses 0 et $+\pi$ ou 0 et $-\pi$, comme le montre la figure 5. L'amplitude de la $n^{ième}$ fonction en cosinus est :

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} [f(x) - f(-x) \cos(n x) dx].$$

après calculs et simplifications on arrive à la relation :

$$a_n = \frac{\mathcal{B}_{max}}{n\pi}[\sin n m'\pi - \sin n m \pi](1 - \cos n\pi).$$

Pour des valeurs paires de n, on a $a_n = 0$, il ne peut donc y avoir d'harmoniques paires. Pour des valeurs impaires de n on a :

$$a_n = \frac{2\mathcal{B}_{max}}{n\pi}[\sin n m'\pi - \sin n m \pi] \qquad (5)$$

Pour les fonctions en sinus on arrive, après des calculs analogues, à $b_n = 0$ pour toutes les valeurs paires de n, et pour les valeurs impaires on a :

$$b_n = \frac{2\mathcal{B}_{max}}{n\pi}(\cos n m \pi - \cos n m'\pi). \qquad (6)$$

Les relations (5) et (6) permettent la même décomposition géométrique que la relation (4), seulement l'am-

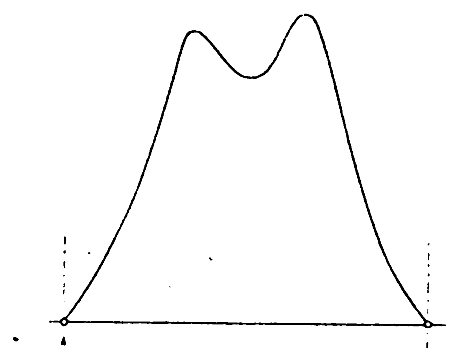


Fig. 8.

plitude de la n^{me} harmonique est alors la différence de deux grandeurs géométriques. Dans ce cas, on doit employer deux diagrammes d'ondes, le diagramme des ondes harmoniques en cosinus, comme dans le cas des ondes symétriques, et un nouveau, celui des ondes en sinus. Les deux séries d'ondes, jusqu'à la 5e harmonique supérieure, sont représentées sur les figures 6 et 7.

Afin de se rendre compte du degré d'approximation de la méthode, la courbe de la figure 8 dont l'ordonnée maximum est 100 a été décomposée par la méthode graphique et par la méthode algébrique. Le tableau suivant indique les résultats.

TABLEAU II.

AMPLITUDE DE	MÉTHODE ALGÉBRIQUE DES COEFFICIENTS	MÉTHODE GRAPHIQUE
Sin ω t.	+ 91,98	+ 91.37
Cos ω t.	— 2,62	— 2,08
Sin 3 ω t.	— 3,68	- 3,56
Cos 3 ω t.	+ 2,70	+ 2.39
Sin 5 ω. t	- 12,45	11,74
Cos 5 ω t.	+ 1,36	+ 1,25
Sin 7 ω t.	+ 5,62	— 0,92
Cos 7 ω t.	— 1,45	

On peut aussi, au lieu d'opérer graphiquement, opérer algébriquement en se servant des relations (5) et (6);

l'emploi de cette méthode est analogue à celui de la méthode graphique, et ne nécessite pas d'autre explication.

M. Meurer fait remarquer qu'on peut employer la méthode en utilisant des coordonnées polaires, au lieu des coordonnées rectangulaires.

Les ondes sinus et cosinus sont alors représentées par deux cercles, mais ce procédé est moins pratique.

F. L.

L'ÉLECTRIFICATION DES LIGNES DE CHEMINS DE FER

URBAINES, DE CEINTURE ET SUBURBAINES

DE BERLIN

Les Chambres allemandes ont été saisies, il y a quelque temps, d'un projet d'électrification des chemins de fer — urbains, de ceinture et suburbains — de la capitale de l'Empire; le rapport présenté pour justifier ce projet contient nombre de renseignements et considérations intéressantes.

Le service du transport de voyageurs est actuellement assuré à Berlin, pour la ville même, par deux voies de la ligne Charlottenburg-Stralau-Rummelsburg et par les deux moitiés du chemin de fer de ceinture, la ligne du Nord et la ligne du Sud et, pour la partie suburbaine, par des lignes spéciales à double voie ou par des sections empruntées aux lignes à grande distance.

La ligne de ceinture date de 1872; elle n'eut d'abord que peu d'importance pour le trafic de la capitale même, parce qu'elle n'avait aucun contact avec le centre de celle-ci; mais la situation se modifia en 1882, lorsque fut ouvert le chemin de fer urbain; à partir de ce moment, le trafic s'est accru dans une grande proportion et l'on peut dire que le système constitué par les lignes de ceinture et la ligne centrale a joué un rôle considérable dans le développement de la ville et de ses faubourgs.

Ce développement ne s'est pas ralenti; il ne marque aucune tendance à s'affaiblir et, en se basant sur les chiffres de 1895 et sur ceux de 1909, on peut évaluer qu'en 1916, année probable de la mise en exploitation des installations électriques, le mouvement atteindra 206 millions de voyageurs pour les lignes urbaines et de ceinture et 193 millions pour les lignes suburbaines; l'année 1895 peut utilement être prise comme point de départ, parce que, depuis cette date, il n'a plus été introduit dans l'exploitation de modification de tarif notable et l'année 1909 est la dernière pour laquelle on possède à présent des renseignements.

Or, dès maintenant, la puissance des installations est insuffisante pour faire face normalement au mouvement, et les trains, si multipliés et renforcés qu'ils soient, se trouvent souvent surchargés.

La partie principale du système est la section allant de Charlottenburg à la Schlesischer Bahnhof; il importait avant tout d'examiner si la capacité de cette section ne pouvait être augmentée par la transformation de la ligne intéressée même.

Quatre solutions pouvaient être envisagées : l'installation de deux voies supplémentaires, soit à côté, soit au-dessus des voies existantes; la construction d'une ligne souterraine; l'établissement d'une nouvelle ligne urbaine; la désaffectation des lignes de grande distance; toutes quatre étaient impraticables soit à raison des dépenses énormes qu'elles comportaient, soit parce qu'elles entraînaient un recul dans l'organisation du service.

Il fallait donc rechercher un moyen d'exploitation qui permît d'augmenter le rendement des installations.

Dans les conditions actuelles, avec la traction à vapeur, au moyen de locomotives à tender, il n'est pas possible d'organiser plus de 24 trains par heure dans chaque direction; soit, à raison de 488 places par train, 11712 places au total; en 1916, il faudra au moins 18300 places, en 30 trains de 610 places, et l'on peut prévoir un moment où il faudra 24400 places par heure, en 40 convois, dans chaque sens.

Comme un convoi ne peut être admis en gare qu'après que le précédent est sorti, il est indispensable, pour arriver au résultat visé, que les arrêts soient écourtés, ce qui implique que les mises en marche soient accélérées.

Cette condition peut être satisfaite :

1. Avec la traction à vapeur, en employant deux locomotives pour chaque convoi.

2. Avec la traction électrique : *a*) en employant deux locomotives électriques, ou *b*) en organisant des services à automotrices.

Dans la première hypothèse, les locomotives devraient être employées en tête, car les opérations devraient être trop rapides pour que l'entente soit possible entre les machinistes; il faudrait donc les faire passer d'un bout à l'autre à chaque bout de la ligne, d'où des manœuvres nombreuses et des pertes de temps; les locomotives devraient avoir une grande chaudière et les réserves d'eau et de charbon devraient être grandes; le service, déjà sale et bruyant aujourd'hui, deviendrait davantage encore défectueux; les frais de personnel seraient élevés; les frais d'entretien des locomotives et de la superstructure également; les dépenses de combustible aussi seraient dispendieuses.

Les conditions sont beaucoup plus favorables avec les locomotives électriques. Celles-ci utilisent mieux le poids adhérent; elles ne comportent pas de réserve d'eau et de charbon : elles sont donc beaucoup plus légères; comme il est facile de commander à distance plusieurs machines, on peut en placer une en tête et une en queue; les manœuvres deviennent inutiles aux changements de sens de marche; un seul conducteur suffit pour un convoi : les frais d'entretien sont beaucoup moins élevés que pour les locomotives à vapeur, l'expérience l'a démontré (ligne expérimentale d'Oranienburg); ne comportant pas de

masses en mouvement alternatif, les locomotives électriques n'infligent que beaucoup moins d'usure à la superstructure; les dépenses de combustible sont beaucoup moins élevées; les conditions de démarrage sont meilleures; il est possible d'utiliser, pour la production de l'énergie, des combustibles de qualité inférieure, qui n'ont aucune valeur commerciale aujourd'hui; les fumées sont supprimées; les convois sont moins bruyants.

La traction par locomotives électriques présente donc de grands avantages; le service par locomotives est d'ailleurs préférable aussi à celui des automotrices.

On peut admettre qu'il est possible de concentrer sur une locomotive électrique la puissance de six équipements d'automotrice; dans un service par locomotives, les frais d'entretien de l'équipement sont donc sensiblement moindres que dans un service à automotrices; le rendement des locomotives est meilleur que celui des automotrices et les dépenses d'énergie sont réduites; les appareils sont plus facilement mis à l'abri de la poussière, de l'eau, etc.; ils sont plus facilement accessibles et les dérangements qui y surviennent sont plus facilement localisés et réparés; les moteurs sont placés sur les châssis et isolés de la voie par des ressorts, ce qui est favorable à la conservation des équipements et des voies; les voyageurs sont mis à l'abri du bruit des machines et des compresseurs des freins.

Indépendamment de ces multiples avantages des locomotives électriques sur les automotrices, il y a lieu de tenir compte, pour les lignes de Berlin, de ce que l'utilisation de ces locomotives permettra de garder en service les anciennes voitures qui, à défaut de cela, devraient être abandonnées.

De tout quoi il résulte que la meilleure forme d'exploitation à prévoir était la traction électrique au moyen de locomotives qui permettrait d'abréger de 20 pour 100 en moyenne la durée des parcours.

Il restait à déterminer le système de traction électrique à adopter.

L'administration allemande s'est prononcée pour le courant alternatif monophasé à 16,66 périodes sous 15000 volts, avec prise de courant aérienne. Aux heures de fort trafic, les trains de voyageurs seront composés de 13 voitures à 3 essieux: 12 voitures à voyageurs et 1 voiture à bagage; dans les conditions ordinaires, ils comprendront de 5 à 8 voitures. Il sera ainsi possible d'adapter très étroitement la composition des trains aux nécessités du mouvement. Sur certaines lignes suburbaines, on emploiera des trains à une locomotive ou des trains à automotrices, conformément à ce qui se fait déjà sur la section du Gross-Lichterfelde-Ost; cette section, qui est exploitée électriquement au moyen du courant continu, continuera à employer cette forme de courant, mais l'énergie sera empruntée au réseau général à l'intervention d'une sous-station de conversion.

Les voitures seront munies de cabines de conducteur et pourront être placées en tête; les compartiments à bagages auront deux cabines; le service sera fait par un seul conducteur, de la cabine de tête; la locomotive de queue marchera sans aucun agent.

D'autre part, afin de faciliter et d'activer les opérations d'embarquement et débarquement, les quais seront prolongés dans certaines gares et surélevés, de manière que l'on puisse élargir le marche-pied supérieur des voitures.

Les voitures actuelles seront maintenues; ce sont des voitures à compartiments communiquant entre eux; les portes d'entrée et les portes de communication sont à charnières; ce système, employé depuis trente ans, a donné de bons résultats; il ne pourrait être question de le remplacer par le système de portières coulissantes qui est en usage sur le chemin de fer surélevé parce qu'il faudrait alors modifier complètement les quais d'embarquement: cette mesure n'est pas possible, elle serait trop coûteuse et ne saurait d'ailleurs être réalisée parce que d'autres voitures qui circuleront sur les lignes ne pourront en aucun cas, être transformées.

Les véhicules seront chauffés et éclairés électriquement; la température sera maintenue automatiquement entre 12 et 14° C; pour l'éclairage, les voitures seront munies de batteries d'accumulateurs chargées par un convertisseur général.

Pour ce qui concerne la production de l'énergie, le projet actuel prévoit l'érection de deux usines génératrices, l'une dans un centre minier de lignite, probablement à Bitterfeld, l'autre, servant de réserve et faisant face aux pointes de charge pendant les heures de fort mouvement, établie à Berlin. Les deux usines auront la même capacité, et pourront assurer isolément chacune les deux tiers du trafic; la puissance prévue est de 100000 kw.

Les transmissions seront constituées par des câbles pour la transmission principale, et ces câbles seront installés de telle façon que les dérangements ne puissent les affecter simultanément; l'énergie ainsi fournie sera amenée à des sous-stations de transformation où la tension sera réduite à 15000 volts.

La valeur des installations de génération et de transmission est évaluée à 112,5 millions de francs.

Les usines ne seront pas construites par l'administration des chemins de fer même; on estime qu'il est préférable qu'elles soient indépendantes; l'expérience montre que cette méthode, chaque fois qu'elle peut être appliquée, donne des résultats parfaitement satisfaisants. Les grandes usines privées peuvent faire appel aux services des ingénieurs les plus compétents; elles sont à même de se tenir constamment à la hauteur des améliorations réalisées dans l'outillage. Ni au point de vue technique, ni au point de vue économique, l'achat de l'énergie à ces usines ne saurait donc rencontrer d'objection. Les contrats pourront d'ailleurs toujours être établis de telle façon que l'administration ait toutes les garanties requises au point de vue du prix de l'énergie, de l'exécution du service en cas d'accident ou de grève, etc.

Le tarif sera établi d'après la consommation annuelle;

l'administration sera intéressée dans l'exploitation de la centrale, sur la comptabilité de laquelle elle exercera un contrôle direct en jouissant, pour une moitié, de l'excédent des bénéfices réalisés au delà d'un intérêt de 6 pour 100 sur le capital de première installation.

Comme nous l'avons vu, l'électrification des lignes urbaines et suburbaines de Berlin est envisagée pour faire face aux nécessités du mouvement.

Le système proposé a été expérimenté avec succès sur la ligne urbaine et suburbaine Blankenese-Ohlsdorf ainsi que sur la ligne Dessau-Bitterfeld; il est aussi en usage à l'étranger sur plusieurs grandes lignes; d'autres applications sont en projet ou en construction. Dans ces installations, le matériel générateur, le matériel de transmission et le matériel de ligne donnent satisfaction.

Sur la ligne Dessau-Bitterfeld, les locomotives en service, qui ont fourni jusqu'à 7500 km de parcours par mois, sont pour ainsi dire irréprochables; elles répondent largement aux conditions imposées; leurs consommations sont inférieures aux chiffres prescrits; les collecteurs, pour lesquels on craignait le plus, n'ont donné lieu à aucune remarque défavorable.

Dès à présent, une locomotive spéciale a été établie pour le service des lignes berlinoises, au point de vue du couple de démarrage, du couple permanent, de l'accord de marche entre les machines d'un même convoi, du freinage, de la longueur et du poids; le prix n'en sera pas beaucoup plus élevé que celui d'une locomotive de même puissance.

Dans les locomotives mises en fonctionnement jusqu'ici, on essaie toutes les dispositions qui peuvent paraître avantageuses au point de vue de la conduite des machines; la construction mécanique de ces locomotives a quelque peu laissé à désirer, mais les causes des défectuosités ont été reconnues et pourront être évitées à l'avenir.

L'expérience a démontré que la conduite d'une locomotive électrique ne demande qu'un seul homme; le service est d'ailleurs beaucoup plus facile que pour la locomotive à vapeur; l'opérateur n'est soumis qu'à peu de fatigue musculaire: il n'est pas exposé à la chaleur de la chaudière; il est aussi protégé contre les intempéries; il existe des dispositifs qui provoquent automatiquement l'arrêt des convois s'il arrive que le conducteur ait une défaillance. Sur les locomotives de Berlin, le chef de train sera initié au service; il sera assis dans la cabine, à côté du conducteur, au lieu d'être installé dans un compartiment à part.

L'adoption de la traction électrique comportera quelques travaux de transformation supplémentaires.

Les voies de garage devront avoir 170 m de longueur et il sera nécessaire d'allonger celles des gares secondaires qui n'ont pas ce développement. Les soutes à charbon, les dépôts à charbon, les stations de prise d'eau, les grues hydrauliques, les fosses d'extinction, les dépôts de locomotives, les voies de garage pourront en grande partie être supprimés pour permettre de porter les voies de garage à la longueur voulue, au besoin de nouvelles voies seront établies; les voies de garage seront pourvues d'ateliers auxiliaires pour l'exécution des petites réparations; les révisions régulières et les grosses réparations auront lieu dans les ateliers principaux. Des voitures spéciales seront employées pour la revision des lignes de prise de courant. Les installations de signalisation seront modifiées s'il le faut, pour rester bien visibles; la construction de la ligne ne présentera pas de difficulté. Les canalisations à courant faible devront être protégées complètement contre les perturbations et contre les tensions dangereuses.

L'électrification permettra d'employer plus tard la traction électrique au service des trains de la grande distance à l'intérieur de la ville, de manière à supprimer les fumées et les bruits. Les gares et les ateliers seront reliés ultérieurement, par les soins de l'administration, au réseau de traction pour l'éclairage et pour la force, ce qui procurera des économies importantes.

Le coût total des installations à établir et des travaux à effectuer est évalué à 62,5 millions; une somme de 91,7 millions sera nécessaire pour l'acquisition du matériel roulant nouveau, la transformation du matériel existant, etc. Il faudra 557 locomotives électriques et 29 voitures de revision, indépendamment de 690 voitures à voyageurs qui seraient à acquérir; en tous cas, 575 locomotives à vapeur deviendront disponibles.

Les recettes des lignes de Berlin ne couvrent pas les dépenses d'exploitation; l'électrification n'améliorera pas sensiblement la situation à cet égard. Il sera bon d'augmenter le prix des billets, en profitant de l'introduction de l'électricité et de la grande amélioration du service qui résultera de cette innovation; l'augmentation devrait être de 2 5 centimes en moyenne par voyageur, de façon à produire une augmentation de recettes de 9 866 250 fr, somme qui se décompose ainsi qu'il suit :

a. Déficit évalué pour 1906	2 798 750 fr.
b. Intérêt à 4 pour 100 du nouveau capital d'installation	6 167 500
c. Amortissement des installations de traction électrique	900 000
Total	9 866 250 fr.

(Les frais d'amortissement des locomotives électriques et des voitures sont compris dans les dépenses d'exploitation.) H. M.

LA

TÉLÉPHONIE SANS FIL DANS LES MINES

Les installations souterraines, au contraire des usines situées au jour, ne font qu'un usage très restreint du téléphone. La cause de ce fait ne réside pas dans l'absence de besoin du téléphone, mais dans la difficulté de son

emploi. Les conducteurs avec isolement normal ne résistent pas à l'humidité des galeries; on est alors conduit aux installations en câbles armés, très coûteuses, exposées en outre au danger de ruptures provoquées par des mouvements de terrain. Ces inconvénients disparaissent avec la téléphonie sans fil souterraine, qui semble être entrée récemment dans le domaine de la pratique après avoir été l'objet de nombreuses recherches effectuées notamment en Allemagne par les ingénieurs des mines Ufer et Reineke. La description des dispositifs de téléphonie sans fil entre la benne et le machiniste, et de ceux utilisés dans les galeries, adaptés aux particularités des exploitations minières, sera facilitée par les quelques considérations qui suivent sur la télégraphie et la téléphonie sans fil.

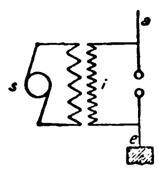


Fig. 1.
Appareil simple.

On sait que le principe de la télégraphie sans fil consiste dans la production dans un système conducteur, par des courants alternatifs à haute tension, d'ondes électriques qui se transmettent dans l'éther environnant. Ces oscillations sont reçues par un conducteur métallique et transmises à un cohéreur sensible aux ondes, intercalé dans un circuit secondaire comprenant un téléphone. La forme la plus simple d'un appareil émetteur d'ondes de télégraphie sans fil est représentée figure 1. L'appareil comprend un éclateur constitué par deux boules reliées à une bobine d'induction; une antenne de transmission *a* et une prise de terre *e*.

La figure 2 montre le dispositif simple complété par

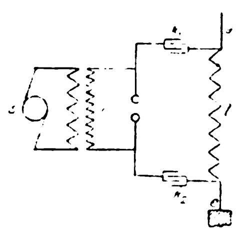


Fig. 2.

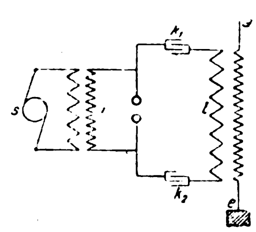


Fig. 3.

l'adjonction de deux condensateurs k_1 et k_2 en série avec les éclateurs.

Enfin la figure 3 représente l'appareil d'émission indirecte employé normalement. Les étincelles provoquées entre les boules par un courant alternatif haute tension étant remplacées par un arc chantant produit par une tension continue, on obtient une série d'ondes se propageant d'une façon uniforme. Il est possible en ouvrant et en fermant le circuit, de produire des sons de durées différentes dont les oscillations se transmettent dans l'éther et peuvent être reçues dans un téléphone à la station réceptrice, de la même manière que les signaux de la télégraphie Morse. Le milieu convenable pour la téléphonie sans fil est ainsi créé. La résistance entre les électrodes peut être augmentée en faisant jaillir l'arc dans une atmosphère d'hydrogène. Si en outre on adjoint un soufflage magnétique éteignant l'arc dès qu'il a pris naissance, la succession des oscillations produites devient suffisamment rapide pour que l'oreille ne parvienne plus à les distinguer. La station réceptrice est donc influencée continuellement par les ondes de la station de départ et le téléphone du poste récepteur est parcouru par un courant uniforme. Supposons un microphone intercalé dans le circuit de départ, les paroles prononcées devant lui détermineront la production d'ondes à succession lente, différentes des premières, qui viendront impressionner ces dernières en les modifiant. Les nouvelles ondes ainsi produites pourront être reçues par le téléphone du poste récepteur où l'oreille peut les distinguer.

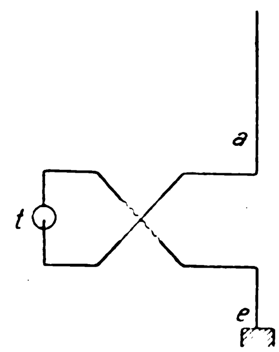


Fig. 4.

Un téléphone seul serait insuffisant dans une station réceptrice, puisque les ondes doivent tout d'abord provoquer le courant permanent qui traverse le téléphone récepteur. Cette fonction est remplie par un appareil spécial qui est le détecteur. Il existe différents types de détecteurs. Les uns, détecteurs thermiques, sont des éléments thermo-électriques tels que celui représenté figure 4 comprenant l'antenne réceptrice à impressionner par les courants à haute fréquence qui circulent dans les deux fils de bismuth et d'antimoine de l'élément. La chaleur dégagée par effet Joule aux points de jonction produit une différence de potentiel continue et détermine la production d'un courant continu à travers le téléphone *t*. D'autres types de détecteurs (fig. 5) sont connus sous le

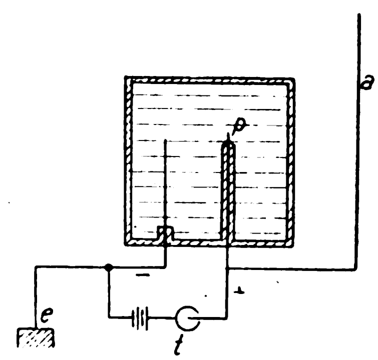


Fig. 5.

nom de détecteurs électrolytiques. Les ondes électriques venant par l'antenne sont conduites à un élément dont une électrode est constituée par une pointe de platine autour de laquelle se forment des bulles de gaz. Celles-ci viennent influencer, suivant les oscillations reçues, la résistance du circuit d'un élément auxiliaire connecté en série avec un téléphone *t* et le détecteur.

Un inconvénient grave de ce système de téléphone est la difficulté d'obtenir un appel d'une façon certaine à grande distance. Il exige en outre, même à de courtes

distances, la mise en jeu de quantités d'énergie assez fortes. D'après les indications du comte Arco, le courant primaire nécessaire serait de 4 ampères sous 220 volts. L'emploi de tels dispositifs doit être écarté dans les mines tant à cause des dépenses exagérées qu'ils occasionneraient qu'en raison des dangers graves qu'entraînerait la production d'ondes au moyen d'étincelles à haute tension.

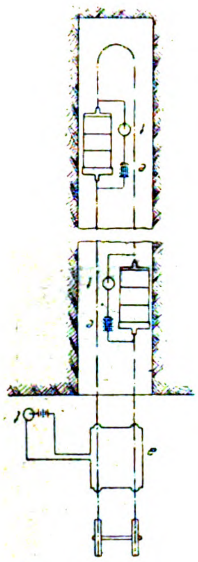


Fig. 6.

La téléphonie sans fil dans les mines diffère de la téléphonie sans fil ordinaire par suite de l'utilisation des conducteurs non isolés ou mal isolés existant partout dans les galeries. Cette utilisation permet d'abord une grande simplification de tous les appareils transmetteurs et récepteurs et, en outre, l'emploi d'un courant primaire de faible intensité produit par quelques éléments de pile. Il s'ensuit une notable réduction des frais d'installation. Un exemple remarquable de ces dispositifs consiste dans les organes de téléphonie entre le conducteur

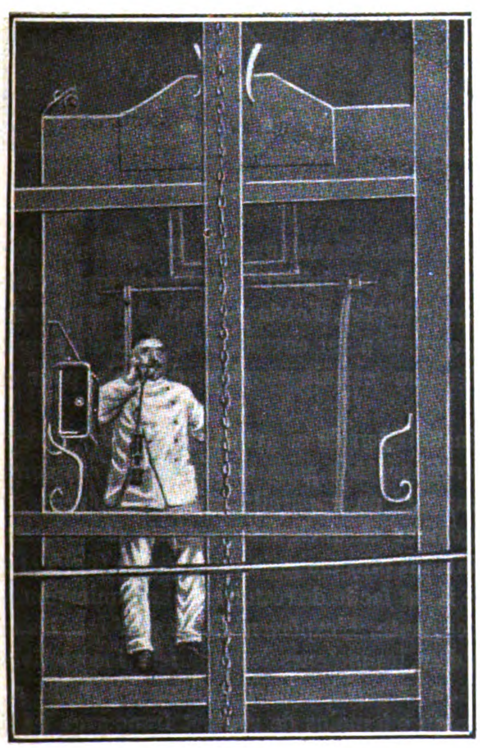


Fig. 7. — Disposition du téléphone dans la benne.

de la benne et celui de la machine d'extraction, dont le fonctionnement repose sur un simple phénomène d'induction (fig. 6). Un premier circuit comprend un cadre inducteur *a* fixé à la charpente du puits et relié en série avec une batterie de quelques éléments de pile et un microphone *t*. Les variations de courant produites dans ce circuit par les paroles prononcées devant le microphone déterminent la production de courants induits dans un second circuit constitué par les câbles de suspension et d'équilibrage de la benne ainsi que par les pièces métalliques réunissant les deux poulies supérieures. Il est alors possible d'obtenir une communication en disposant entre les points d'attache des câbles deux batteries

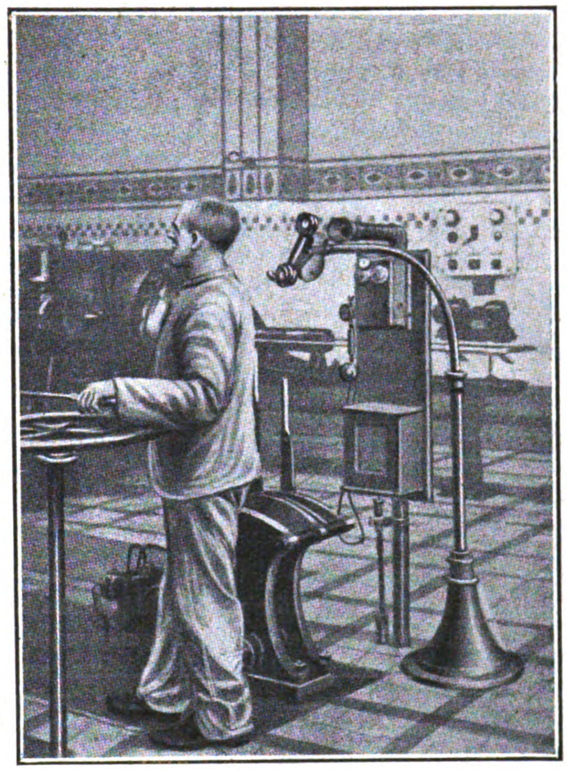


Fig. 8. — Poste téléphonique du machiniste.

d'éléments et deux téléphones. Le montage pratique a lieu comme il est indiqué sur la figure 6; les courants induits dans la dérivation suffisent pour faire vibrer la membrane du téléphone, soit dans la benne soit près du machiniste.

Contrairement à ce qui se produit à la surface du sol, les propriétés des couches profondes du sous-sol jouent un rôle important. Alors que les couches supérieures du terrain se comportent comme un condensateur de grande capacité susceptible de recevoir toutes les quantités d'électricité qui lui sont conduites sans que son équilibre électrique soit modifié, les couches inférieures du sous-sol agissent vis-à-vis des décharges statiques comme des corps isolants. Il s'en suit que les rails et conduites d'eau existant dans les galeries se comportent comme des conducteurs isolés et transmettent parfaitement des courants induits très faibles, malgré les interruptions qui peuvent exister. La charge statique d'un tel circuit peut être produite par un courant de 0,5 ampère sous une tension de 12 volts circulant dans un circuit comprenant un microphone émetteur et une bobine d'induction.

Celle-ci transforme les courants variables provenant du microphone en courants à haute tension et haute fréquence qui circulent dans le circuit imparfait formé par les rails et conduites et transmettent leurs oscillations à l'éther environnant, de la même manière qu'une antenne de télégraphie sans fil. La transmission des ondes a lieu sans que celles-ci soient séparées ou modifiées dans leur direction même si plusieurs interrupteurs existent dans le circuit.

La réception des oscillations émanant de l'antenne peut être réalisée par trois moyens variant avec les conditions

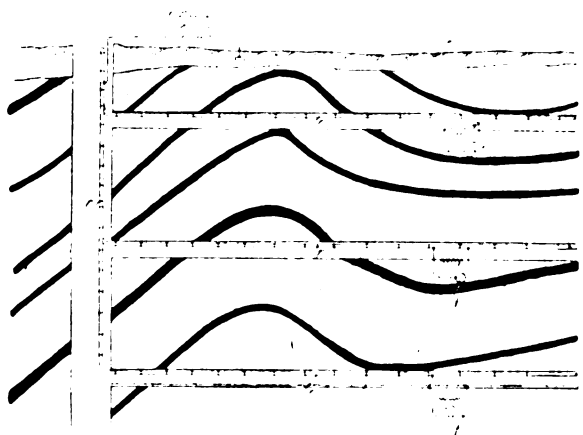


Fig. 9.

locales et représentés figure 9. On a supposé sur cette figure qu'il existait une conduite partant du jour et s'étendant à toutes les galeries. Le montage le plus simple est celui de l'étage inférieur, où le téléphone récepteur est relié directement à la tuyauterie et aux rails *s*. La disposition de l'étage moyen représente un montage en dérivation dont la longueur varie d'ordinaire entre 5 mètres et 10 mètres suivant l'éloignement de l'appareil transmetteur. Enfin aucune connexion directe n'est réalisée à l'étage supérieur où l'antenne réceptrice du téléphone est constituée par une boucle mobile.

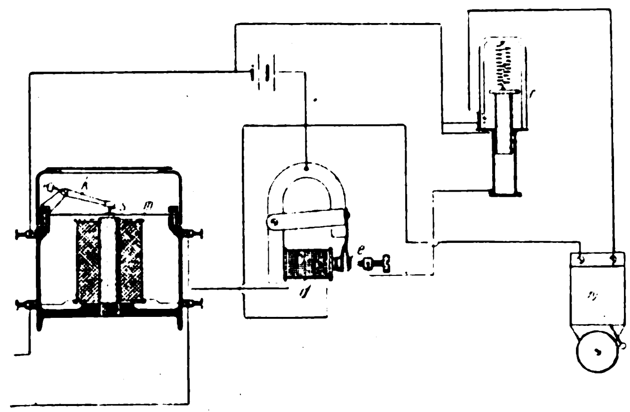


Fig. 10. — Dispositif d'appel.

La principale difficulté fut celle de la construction d'un appareil d'appel d'un fonctionnement certain. L'ingénieur Reineke emploie actuellement le dispositif de la figure 10 consistant en une membrane entrant en vibration lorsqu'un son déterminé est produit à la station de départ. Les vibrations de la membrane correspondant à ce son provoquent l'interruption d'un circuit comprenant une pointe *s*, un petit levier *k* et un relai *d* dont le noyau est attiré par un ressort antagoniste *e*. Les interruptions du circuit *s k d* provoquent la fermeture du circuit *e f n* contenant le timbre d'appel. Un relai retardateur *f*, a pour objet d'empêcher le timbre de résonner par suite de fermetures accidentelles de courtes durées, dues par

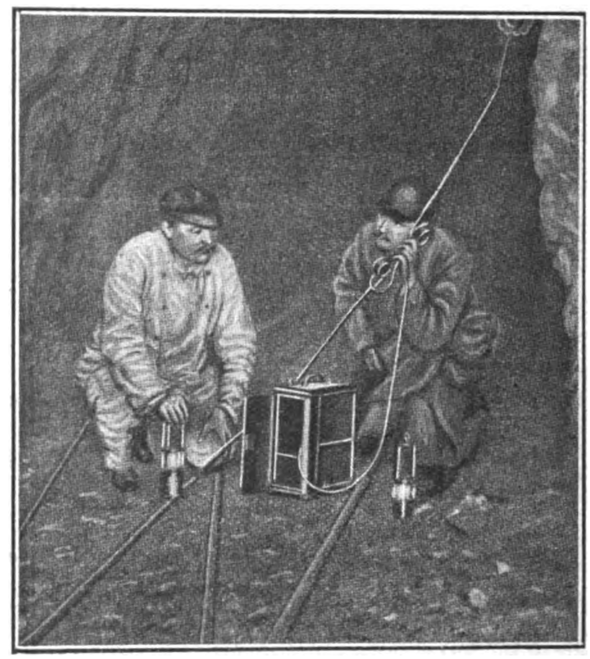


Fig. 11. — Téléphone transportable dans les galeries.

exemple à des ébranlements. L'appel n'a donc lieu qu'après que le son initial a duré un temps déterminé à la station de départ, d'où la possibilité d'appeler un poste sans répercussion sur aucun autre. On préfère en général convenir d'un certain nombre d'appels pour chaque poste.

Une installation de ce genre est en service régulier au puits Carolinenglück pour des distances d'environ 1,7 km. Elle comprend un appareil stationnaire placé au bureau de l'ingénieur et quelques appareils électriques placés aux points les plus éloignés des galeries (fig. 7 et 8), avec lesquels il est facile de rester en communication téléphonique constante. L'expérience a montré que les courants utilisés dans les moteurs des galeries : locomotives, pompes, etc. n'exercent aucune influence sur les appareils téléphoniques à moins de contact franc avec les tuyauteries ([1]). Ce fait s'explique aisément si l'on considère la basse tension et la basse fréquence des courants ordinaires vis-à-vis des courants oscillants. Les amorces des appareils à explosion ne sont pas influencées par les courants oscillants sauf en cas de dérivation directe.

([1]) *Glückauf*, n° 40, 1912.

On comprend l'importance de telles installations au point de vue de la sécurité d'exploitation, permettant même en cas d'accident grave de communiquer avec tous les points des galeries. M. A.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 30 décembre 1912.

Relation entre la conductivité des acides et leur absorption par la peau, par M. André Brochet. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 6 janvier 1913.

La polarisation diélectrique de la paroi et les mesures de cohésion diélectrique; le retard d'effluve, par M. Bouty. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val Joyeux au 1er janvier 1913, par M. Alfred Angot. — Les observations magnétiques faites depuis 1901 à l'Observatoire du Val Joyeux (latitude 48°49′16″, longitude 0°19′23″ ouest de Paris) font suite à celles du Parc Saint-Maur. Elles ont été continuées en 1912 avec les mêmes appareils et ont été réduites par les mêmes méthodes que les années précédentes par M. J. Itié, sous la direction de M. Dufour.

Les valeurs des éléments magnétiques pour le 1er janvier 1913, données ci-dessous, résultent de la moyenne des observations horaires relevées sur les magnétographes le 31 décembre 1912 et le 1er janvier 1913 et rapportées à des mesures absolues. La variation séculaire des divers éléments est la différence entre ces valeurs et celles qui ont été indiquées pour le 1er janvier 1912 [1].

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux.

	Valeurs absolues pour l'époque 1913,0.	Variations séculaires.
Déclinaison	14°4′,26	— 9′,17
Inclinaison	64°39′,5	— 1′,6
Composante horizontale	0,19746	+ 0,00007
— verticale	0,41696	— 0,00035
— nord	0,19154	+ 0,00020
— ouest	0,04801	— 0,00049
Force totale	0,46135	— 0,00029

La série des observations régulières comprend actuellement une période de 30 années et jamais jusqu'ici on n'avait observé, pour la déclinaison, de variation aussi rapide qu'en 1912. Par contre, la composante horizontale a, depuis 3 ans, cessé d'augmenter d'une manière notable. J'ai déjà fait observer que la période de baisse avait nettement commencé, pour cet élément, depuis plusieurs années, dans les stations qui sont à l'est du méridien de Paris.

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 94.

Séance du 13 janvier 1913.

Description d'un appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires, par G. Bigourdan. — La récente Conférence internationale de l'Heure a émis le vœu qu'à partir du 1er juillet 1913 les signaux horaires soient donnés conformément au diagramme ci-après: ils comporteront, signaux d'avertissement mis à part, des points et des traits dont les durées exactes seront respectivement 0,25 seconde et 1 seconde avec des intervalles rigoureusement déterminés aussi.

Cette précision exige que les signaux soient donnés non à la main, mais d'une manière automatique; et c'est ce que permet de faire l'appareil, facile à réaliser, dont on va indiquer le principe.

Un cylindre métallique d'un grand diamètre tourne autour de son axe d'un mouvement uniforme. Sa surface

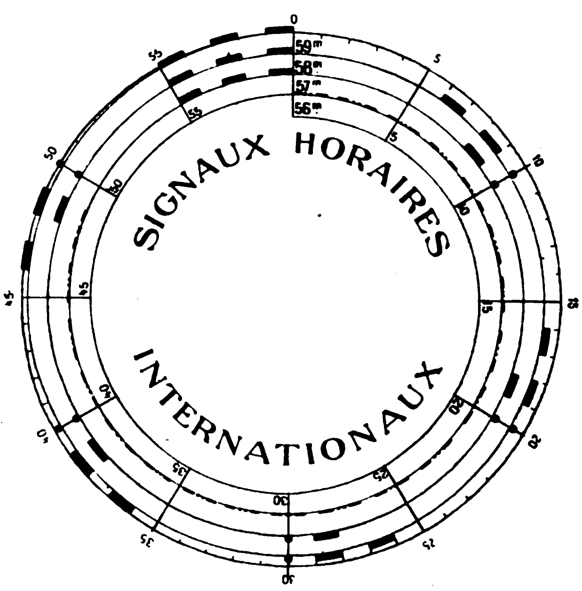


Diagramme indiquant le genre et la distribution des signaux horaires internationaux :

57m 0s à 57m50s : signaux d'avertissement.
57m55s à 58m 0s : signaux horaires. } *Traits* de 1s avec intervalles de 1s.
58m 8s à 59m 0s — } *Points* de 1/4 de seconde.
59m 6s à 60m 0s —

convexe est travaillée de manière à former une vis à large pas et à filet carré.

Dans ce filet, le métal a été remplacé, par places, par une matière isolante, et les longueurs respectives des parties isolantes et des parties conductrices sont respectivement proportionnelles aux durées des silences et des signaux à obtenir.

D'autre part, un *contact*, qui appuie constamment sur la saillie du filet, se déplace dans le sens convenable et

d'un mouvement sensiblement uniforme, parallèlement à une génératrice du cylindre, avec une vitesse qui lui fait parcourir un pas de l'hélice dans le temps que met le cylindre à faire un tour entier.

Avec cette disposition, et les connexions électriques convenables, il est évident qu'un courant électrique pourra traverser l'appareil chaque fois que le contact portera sur une partie conductrice : il produira donc exactement les signaux demandés.

Dans la pratique, le cylindre pourra avoir de 0,10 à 0,20 m de rayon. Acceptons ce dernier chiffre, et supposons que le cylindre fasse un tour par minute : la durée de 1 seconde correspondra ainsi à 21 mm. Le contact, en forme de couteau orienté suivant la génératrice, peut avoir une arête réduite à moins de 0,2 mm; il donnera donc les durées demandées, des signaux et des silences, à moins du centième de seconde; on pourrait obtenir plus de précision encore, s'il était nécessaire, en augmentant, par exemple, le diamètre du cylindre.

On voit qu'on pourra aussi faire donner à l'appareil les signaux d'avertissement, puisqu'en allongeant le cylindre on pourra multiplier les signaux indéfiniment.

L'uniformité de la rotation du cylindre s'obtiendra en la faisant régler par une horloge, par exemple, comme dans nombre d'autres appareils. Si d'ailleurs on possède déjà un mouvement ainsi réglé, comme dans certains chronographes, on pourra lui faire entraîner également le cylindre.

Celui-ci sera fixé sur son axe par l'intermédiaire d'un rappel qui permettra les réglages, de manière à annuler sa *correction*. Pour faire ce réglage, on ajoutera quelques spires supplémentaires disposées de manière à battre la seconde, que l'on mettra en accord avec le battement de la pendule. Et si celle-ci a une correction, avec le rappel et une division tracée sur une des têtes du cylindre, on pourra encore annuler la correction de l'appareil.

Enfin, au lieu de déplacer le contact, comme il a été dit ci-dessus, on pourrait déplacer le cylindre lui-même, parallèlement à ses génératrices, ainsi que cela est réalisé dans divers enregistreurs photographiques ou autres; mais la première disposition parait préférable.

REVUE DE LA PRESSE

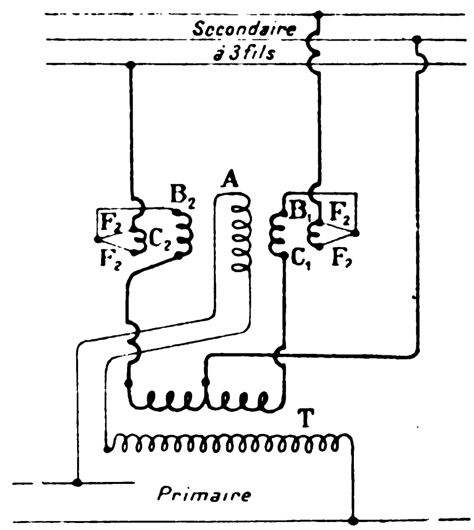
INSTALLATIONS

Protection des réseaux secondaires contre les court-cuits des transformateurs. — MM. Sprong et Mac Coy ont imaginé un dispositif pratique et très efficace contre les court-circuits survenant dans les transformateurs travaillant en parallèle sur le même réseau.

Soit en T le transformateur recevant du courant à haute tension et alimentant un réseau secondaire à trois fils.

Le courant à basse tension traverse deux bobines B_1 B_2 montées sur un circuit magnétique contenant également une bobine A traversée par le courant primaire. Les enroulements de ces bobines B_1 B_2 sont tels qu'ils produisent un champ en opposition avec celui de la bobine A dans les conditions normales.

Deux petits enroulements C_1 C_2 disposés sur le même circuit magnétique sont shuntés par des fusibles F_1 F_2 traversés par



le courant à basse tension se rendant aux fils de distribution. En temps normal, rien de particulier ne se produit, mais s'il survient un accident au transformateur T, si par exemple des spires se mettent en court-circuit, le courant s'inverse dans les bobines B_1 et B_2 dont le flux s'ajoute à celui de la bobine A au lieu de la contre-balancer. Il en résulte que les bobines $C_1 C_2$ fonctionnent aussitôt comme secondaires du petit transformateur à primaire formé par B_1 et B_2 et le courant qui en résulte fait sauter les fusibles $F_1 F_2$, le réseau continue à être alimenté par les autres transformateurs et le défaut se trouve localisé. (*Electrical World* du 5 octobre 1912 et *Génie civil* du 25 janvier 1913.)

MESURES

Un nouveau type de wattmètre pour mesures sur la haute tension, avec insertion sur la basse tension. — M. G. Campos vient de présenter à l'A. E. I. un intéressant appareil qui consiste en un wattmètre simple ou double convenablement modifié, et destiné à obtenir la mesure de la puissance en un point différent que celui dans lequel il est inséré. Par exemple, on peut l'appliquer sur la basse tension dans un système de distribution à courants alternatifs, afin d'obtenir la puissance sur la haute tension, c'est-à-dire en y comprenant ou bien en déduisant (selon les cas) les pertes dans les transformateurs. D'une façon semblable, on peut tenir compte de la chute de tension ou bien des pertes dans une ligne aérienne ou souterraine de transmission, dans une double transformation électrique et dans les cas semblables dans lesquels la partie qui doit être additionnée ou déduite dépend de l'intensité ou de la tension suivant une loi à laquelle l'appareil puisse se prêter, ce que l'on obtient dans la plupart des cas avec une approximation plus que suffisante.

Dans le cas où il s'agit d'une mesure sur la basse tension d'un système triphasé à charge non équilibrée et où l'on ne se propose pas d'obtenir la puissance sur la haute tension d'alimentation, l'on peut observer que la différence entre ces

deux quantités, c'est-à-dire la perte d'énergie dans les transformateurs peut se diviser en deux parties : pertes *dans le fer* et pertes *dans le cuivre*. En tenant compte que leur valeur relative est ordinairement très limitée, les pertes dans le fer peuvent être considérées avec une approximation suffisante comme proportionnelles au carré de la tension, entre les limites de variation de celle-ci, c'est-à-dire on peut les représenter par $k_1 U^2$. Les pertes dans le cuivre peuvent être considérées comme proportionnelles au carré de l'intensité, en les représentant par $k_1 I^2$.

En indiquant par P_A et P_B respectivement la puissance sur la haute et sur la basse tension, on obtient alors :

$$P_A = P_B + k_1 U^2 + k_2 I^2.$$

Afin d'obtenir de l'appareil la somme de ces trois quantités et en considérant comme exemple un type électrodynamique double, on ajoute aux quatre enroulements ordinaires de l'instrument (deux bobines fixes de courant et deux bobines mobiles de tension) deux enroulements supplémentaires c'est-à-dire d'un côté une bobine fixe de tension, de l'autre côté une bobine mobile de courant actionnée soit par un shunt soit par un petit transformateur ou autrement.

De cette façon l'appareil comprend, en plus d'un wattmètre double, un voltmètre et un ampèremètre, dont l'action vient s'ajouter (et dans d'autres cas peut se déduire) à celle du wattmètre. Dans l'exemple considéré ces instruments sont tous les trois des électrodynamomètres.

Le wattmètre double donne exactement la mesure de la puissance sur la basse tension avec une charge non équilibrée, c'est-à-dire qu'il donne P_B. L'électrodynamomètre de tension, constitué par une bobine mobile du wattmètre et par l'enroulement supplémentaire fixe de tension, donne une action proportionnelle au carré de la tension c'est-à-dire qu'il donne $k_1 U^2$. L'électrodynamomètre de courant, constitué par une bobine fixe du wattmètre et par l'enroulement supplémentaire mobile de courant, donne une action proportionnelle au carré du courant, c'est-à-dire qu'il donne $k_2 I$.

L'instrument tout entier, complètement inséré sur la basse tension, donne par conséquent la mesure de la puissance P_A sur la haute tension.

De la même manière on peut employer un wattmètre simple ou d'un type différent, ou bien encore on peut tenir compte de compensations autres que celles qui ont été considérées (*Atti Associazione Elettrotecnica Italiana*, 31 janvier 1913.)

Sur les transformateurs d'intensité. — M. Agnew, dans le *Bulletin of the Bureau of Standards*, Bd. 7, 1911, p. 423, décrit des méthodes pour mesurer et calculer les rapports de courant ainsi que le décalage dans les transformateurs d'intensité. On part des formules :

$$R = \frac{I_1}{I_2} = n + \frac{M \sin \varphi + F \cos \varphi}{I_2}$$

et

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{M \cos \varphi - F \sin \varphi}{n I_2}.$$

I_1, courant primaire ;
I_2, courant secondaire ;
φ, décalage au secondaire ;
θ, décalage entre primaire et secondaire ;
n, rapport de transformation ;
M, composante réactive du courant magnétisant :
F, composante en phase du courant magnétisant.

Pour les charges non inductives, $\sin \varphi = 0$, alors :

$$R = \frac{I_1}{I_2} = n + \frac{F}{I_2}$$

$$\operatorname{tg} = \frac{M}{n I_2}$$

Les pertes totales magnétiques sont, d'après Steinmetz :

$W = k\mathcal{B}^c$; $\mathcal{B}$ = saturation k et c, constantes.

Comme $F = \frac{nW}{E_2}$, alors avec une charge non inductive on a :

$$R = n + \frac{nW}{E_2 I_2}$$

E_2 et J_2 sont proportionnels à la saturation, alors :

$$E_2 I_2 = k_1 \mathcal{B}^2$$

$$R = n + \frac{k\mathcal{B}^c}{k_1 \mathcal{B}^2} = n + k_2 \mathcal{B}^{c-2}$$

la différence entre le rapport R et le rapport idéal n est alors le suivant :

1. $c > 2$ $\mathcal{B}$ croissant, l'erreur croît,
2. $c = 2$ l'erreur reste constante,
3. $c < 2$ $\mathcal{B}$ croissant, l'erreur décroît.

Ceci est le cas normal.

Nous pouvons écrire d'après la formule de Steinmetz :

$$W = k\mathcal{B}^c \qquad (1)$$

en différentiant

$$c = \frac{d(\log W)}{d(\log \mathcal{B})}$$

Si l'on construit W comme fonction de $\mathcal{B}$ sur du papier logarithmique, alors c figure l'inclinaison de la courbe. Cette inclinaison n'est pas constante, alors les calculs précédents ne sont pas corrects.

De la formule (1) on tire, si l'on considère c comme variable

$$c = \frac{d(\log W)}{d(\log)\mathcal{B}} - \mathcal{B} \log \mathcal{B} \frac{dc}{d\mathcal{B}} \qquad (2)$$

nous avions $R = n + \frac{nW}{k_1 \mathcal{B}^2}$.

Pour déterminer l'inclinaison de R sur l'abcisse B l'on forme

$$\frac{dR}{d\mathcal{B}} = \frac{k_1 B^2 n \frac{dW}{d\mathcal{B}} - 2nWk_1\mathcal{B}}{k_1^2 \mathcal{B}^4}$$

ou

$$\frac{dR}{d\mathcal{B}} = \frac{nW\left(\frac{d(\log W)}{d(\log)\mathcal{B}} - 2\right)}{k_1 \mathcal{B}^3}$$

en transformant l'on obtient

$$\frac{dR}{dI_2} = \frac{E}{I_2^2}\left(\frac{d(\log W)}{d(\log \mathcal{B})} - 2\right)$$

Agnew appelle le premier terme de la parenthèse « rapport de variation ».

Ce rapport de variation détermine donc l'allure de la courbe des erreurs d'un transformateur d'intensité pour les charges non inductives.

L'exposant c de Steinmetz se distingue de ce rapport par le second membre de l'égalité (2).

Pour terminer, l'auteur montre que l'influence sur le transformateur des ondes s'écartant beaucoup de la sinusoïde est très faible. (*E. T. Z.* n° 44, 1912). F. H.

Résistances pour mesures en courants alternatifs. — Dans le *Bull. of the Bureau of Standards*, N° 3, 1912, Bd 8, MM. Curtis et Grover étudient les conditions d'établissement des rhéostats pour mesures précises en courant alternatif. L'idéal serait une résistance indépendante de la fréquence et dont le décalage serait très petit.

Aux fréquences de 5000, que les auteurs ont pris comme limite, avec les épaisseurs des fils employés et les procédés spéciaux de bobinage, on peut considérer l'effet Kelvin comme négligeable. L'atteinte de l'idéal est rendu difficile par la capacité surtout.

Représentons la résistance apparente pour des fils en parallèle par

$$R^1 = R\left[1 + \omega^2 C\left(\frac{1}{3}L - \frac{2}{15}CR^2\right)\right]$$

le coefficient de self-induction par

$$L^1 = L - \frac{1}{3}CR^2$$

l'angle de décalage par

$$\operatorname{tg}\varphi = \omega\left(L - \frac{1}{3}CR^2\right) : R$$

R, L, C, concernant toute la canalisation.

Alors pour une bobine de 10000 ohms et 5000 p : sec. en supposant le décalage nul et l'erreur de la résistance de $\frac{1}{10^5}$ on aurait

$$L - \frac{1}{3}CR^2 = 0$$

et

$$\omega^2 C\left(\frac{1}{3}L - \frac{2}{15}CR^2\right) = \pm 10^{-5}.$$

On trouve $C = 10^{-4}$ microfarad, ce qui est difficile à réaliser.

Dans les résistances bien construites, il faut donc que la capacité soit faible de façon que sa variation avec la température soit sans influence. La variation de capacité par l'humidité doit être absolument évitée, dans ce but on paraffine les fils isolés à la soie et bien séchés. Une légère variation du coefficient de self avec la fréquence convient à cause des variations de la capacité avec celle-ci.

Les rhéostats construits d'après ces observations sont en fil de manganine bifilaires de 1 à 10 ohms; pour les hautes fréquences ils sont unifilaires et bobinés en une couche sur un tube de porcelaine d'un diamètre de 2,5 cm. Au delà de 5000 ohms on utilise un tube muni de deux fentes longitudinales par lesquelles le fil (0,05 mm) est passé et bobiné après chaque tour en sens contraire.

Une telle bobine de 10000 ohms donna un coefficient d'induction de 100 microhenrys à une fréquence de 1200 p : sec. et entre 0 et 1200 p : sec. une variation de résistance de 0,001 pour 100 alors que de bonnes résistances ordinaires ont un coefficient d'induction de 100 000 microhenrys et une variation de résistance de 1 pour 100. F. H.

TRANSFORMATEURS

Transformateurs de périodicité pour fréquences variables. — La principale difficulté de la marche en parallèle indirecte de deux réseaux de fréquence différente provient de ce que de petites variations de la fréquence de l'un des réseaux entraînent des accidents sur l'autre. Cette difficulté peut être évitée en laissant mobile autour d'un axe de rotation le stator du convertisseur de fréquence connecté entre les deux réseaux, de façon que les variations de la fréquence soient compensées par le mouvement de rotation du champ.

La Lancashire Dynamo and Motor C°, de Manchester, construit dans ce but des moteurs-générateurs dont la fréquence correspond au nombre de pôles, mais peut cependant être rendue variable par la rotation d'un stator. Cette rotation est commandée au démarrage à la main, puis par un petit moteur actionnant un train d'engrenages. Lorsque la vitesse du convertisseur dépasse le synchronisme, le stator mobile entraîne le moteur et compense les variations de vitesse des machines primaires qui alimentent les deux réseaux réunis par le réseau convertisseur. Si celui-ci correspond par exemple à la vitesse de 600 t : min. à un rapport de transformation de 50 à 60 périodes par seconde et que les fréquences réelles soient de 49 et 61, le stator doit tourner à 22 tours par minute pour compenser le décalage. Il sera bon de munir les convertisseurs d'enroulements compensateurs, afin d'éviter les décrochages lors de brusques variations de fréquence, occasionnées notamment par la suppression brusque de grosses unités sur l'un des réseaux.

Le rotor du moteur auxiliaire est accouplé à une petite excitatrice, de sorte qu'il est démarré comme moteur à induction et continue sa marche au synchronisme comme machine synchrone. (*The Elect.*, 27 septembre 1912.). M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P. — E.S.E.).

443 268. — **Société Allmanna Svenska Elektriska Aktiebolaget.** — *Dispositif applicable aux voitures automotrices à transmission d'énergie électrique d'un moteur mécanique installé sur la voiture* (23 mars 1912).

443 294. — **De Asis del Valle Atiles.** — *Machine à télégraphier* (15 avril 1912).

443 408. — **Société Vickers Limited.** — *Perfectionnements aux appareils électriques pour transmettre et recevoir des signaux* (4 mai 1912).

443 447. — **Lalanne, Rivoire et Trabuc.** — *Protecteur hygiénique pour appareil téléphonique* (4 mai 1912).

443 297. — **Société Rodrigues-Gauthier et Cie.** — *Perfectionnements apportés dans le montage et la commande des balais de dynamos* (17 avril 1912).

443 410. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Nouveau système de démarreur pour moteur électrique* (4 mai 1912).

15 812/441 719. — **Société Alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Dispositif de refroidissement pour machines électriques* (10 juillet 1911).

443 292. — **Roquet-Lalanne.** — *Coupe-circuit automatique pour courants alternatifs* (6 avril 1912).

443 304. — **Maugé.** — *Commutateur électrique automatique* (16 avril 1912).

443 306. — **Fagerlund.** — *Interrupteur de courant électrique* (23 avril 1912).

443 440. — **Dubilier.** — *Méthode et appareil perfectionnés pour utiliser les courants transformés et primaires* (6 mai 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

72599. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 510. 25 Mars 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Appareils téléphoniques. — Moteurs électriques réversibles pour les raboteuses et machines-outils similaires. — Comité permanent d'électricité. — Commission des distributions d'énergie électrique. — Concours pour lampe électrique de mineur. — Les usines centrales de Vienne. — Étude économique des machines d'extraction électrique. — La production de l'acier fondu au four électrique . . . 121

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Châtenay. Lent. Loisy-sur-Marne. Lure. Lux. Mallemort. Marlieux. Nantiat. Pelissanne. Poizat. Saintes. Sauvignes. Uzès. Vitry-aux-Loges. — *Colonies* : Constantine . . . 124

CORRESPONDANCE. — A propos de la traction à air comprimé . . 124

QUELQUES REMARQUES SUR LES ALTERNATEURS A FRÉQUENCE ÉLEVÉE. **R. Daguet** . . . 125

LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF (*suite*) . . . 128

LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION ET DE TRANSMISSION AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE (*suite*). **Marchand** . . . 132

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du 20 janvier 1912* : Sur les différences de potentiel de contact entre un métal et des solutions électrolytiques, par **M. Guyot**. — Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu, par **E.-J. Brunswick** . . . 139

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — *Séance du 5 mars 1913* : Compte rendu des travaux des sections. — Présentation d'un fac-similé du téléphone original de Graham Bell, par **M. Planchon**. — Sur la traction à courant alternatif simple, par **M. Latour**. — Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets, par **M. Recklinghausen** . . . 140

REVUE DE LA PRESSE. — *Eclairage électrique* : La répartition des lampes à incandescence aux Etats-Unis. — *Electrochimie* : L'industrie électro-chimique en Norwège. — *Electrothermie* : Cuisine et chauffage électriques. — *Installations* : L'économie des machines des mines de charbon. La commande électrique des machines à coudre. Commande des machines d'extraction par moteurs triphasés à collecteur. *Traction électrique* : L'électrification du tramway de Butte-Annaconda et Pacific en courant continu 2400 v . . 143

BREVETS D'INVENTION . . . 144

INFORMATIONS

Appareils téléphoniques. — Dans une de ses dernières séances, l'Alliance Syndicale du Commerce et de l'Industrie, saisie à nouveau du projet de l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones relatif à la mise en exploitation, à l'usage des abonnés au téléphone, d'un appareil unique adopté spécialement par elle;

Vu sa délibération en date du 18 juin 1912 rejetant le principe du monopole de l'État en ce qui concerne la mise en service d'un type unique d'appareil téléphonique;

Mais, attendu que ce type unique est instamment réclamé par l'Administration dans l'intérêt supérieur de la marche régulière de l'exploitation;

Considérant, toutefois, que l'État n'a à payer ni patente, ni loyer, qu'il n'a à tenir compte, dans ses prix de revient, ni de l'intérêt des capitaux à rémunérer, ni de l'ensemble des frais généraux incombant à l'industrie privée, à laquelle il ne saurait faire concurrence qu'aux dépens des contribuables et dans des conditions anti-économiques;

L'Alliance Syndicale, au nom de la liberté du commerce et de l'industrie, dont elle a l'impérieux devoir de prendre énergiquement la défense, émet le vœu :

Que la construction sous le contrôle de l'Administration et, subsidiairement, la vente aux abonnés des appareils types, tout au moins sur les réseaux placés sous le régime forfaitaire, restent dans le *domaine de l'initiative privée*.

Moteurs électriques réversibles pour les raboteuses et machines-outils similaires. (*Electric Railway Journal*, 21 décembre 1912.) — L'idée d'appliquer des moteurs électriques à la commande directe de raboteuses a été mise en pratique durant les 8 ou 10 dernières années, à titre expérimental, et définitivement depuis une année ou deux. Récemment la Compagnie générale électrique (General Electric Company) a présenté un moteur électrique à commande directe, à vitesses variables et réversibles, que l'on a soigneusement expérimenté, puis essayé en marche de service courant. L'application la plus intéressante de ces moteurs est jusqu'à présent celle faite aux raboteuses, mais l'usage des moteurs à marche réversible est pratiquement sans limites; on les emploie actuellement pour le filetage, les mortaiseuses à engrenage et à crémaillère, les tours à revolver, machines

à cintrer et toutes les machines à marche réversible par prise directe en courroies croisées. Une disposition nécessaire à réaliser pour cette commande est de répondre à la possibilité d'une installation rapide partout où l'on dispose de courant électrique, et applicable aussi bien aux anciens outils qu'à ceux nouvellement installés.

La commande est réalisée par un tableau comprenant les contacteurs et un inverseur principal; on le monte ordinairement sur le bâti de la raboteuse. Il est formé par huit contacteurs d'apparence semblable mais dont les électros sont bobinés série, différentiels ou shunt et protégés par un verrouillage spécial afin d'éviter les court-circuits. Le tableau, les rhéostats et autres pièces accessoires sont réunis dans une boite métallique dont le couvercle est à charnière; lorsqu'il est ouvert, les contacteurs sont facilement accessibles. Les poignées des manettes des rhéostats de champ sortent à travers le couvercle et portent les mentions « Coupé » et « Retour ». Le manche de ces manettes passe à travers une fente qui peut être graduée pour l'obtention de variation des vitesses en mètres par minute.

L'inverseur principal est généralement disposé sur le côté de la raboteuse ou à tout autre endroit jugé convenable. L'inverseur est très simple par lui-même, il comprend quatre lamelles de contact, deux pour la marche directe, deux pour la marche inverse, et trois segments sur la partie tournante, le tout largement conditionné. Son seul emploi consiste dans la mise en circuit des bobines shunt pour la marche des contacteurs marche avant et arrière. Le champ d'excitation du moteur est indépendant de cet appareil; celui-ci est commandé par des butées ressemblant à celles actuellement utilisées pour le changement de marche mécanique; un disjoncteur bipolaire est également disposé en circuit pour la rupture à tension minima ou à surcharge exagérée. Dans le cas où le disjoncteur fonctionne ou lorsque le courant est accidentellement supprimé pour quelque cause que ce soit, le moteur s'arrête automatiquement, évitant que le plateau soit projeté hors des glissières.

Grâce aux caractéristiques spéciales du moteur à pôle de commutation, la mise en marche, l'arrêt, le renversement dans la marche s'accomplissent sans troubles pour la commutation. Afin d'éviter un arrêt brusque à grande vitesse, l'on a disposé un freinage progressif en trois phases, lent au commencement et croissant rapidement vers la fin aux petites vitesses. Ce que l'on peut particulièrement remarquer à ce sujet, c'est que le plateau est arrêté et mis en marche inverse à peine la coupe terminée, la coupe est d'ailleurs conduite à une vitesse tout à fait indépendante de celle du retour et il est ainsi possible d'utiliser, avec une coupe très lente, une vitesse de retour très élevée ou inversement, dans une proportion pouvant atteindre quatre pour un, et cela avec trente-cinq à soixante-dix vitesses de coupe différentes et autant de vitesses de retour, suivant l'importance de l'appareillage utilisé.

Résumés brièvement, les avantages indiqués pour le moteur à vitesses réglables et réversibles à conduite directe sont :

Vitesse de coupe maxima et constante, donnant une production plus considérable;

Accélération rapide du retour;

Marche inverse au plus près de la fin de coupe;

Opération économique et soutenue;

Toutes les vitesses désirées dans le rapport de un à quatre;

Différentes combinaisons des vitesses permettant à la plus faible vitesse de coupe d'être jointe à un retour extra-rapide;

Absence des chocs;

Facilités de retours rapides sans vibrations;

Travail sans heurts;

Commutation sans étincelles et commande facile à la disposition de l'opérateur.

R. R.

Comité permanent d'électricité. — Par décret en date du 11 février 1913 rendu sur la proposition du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, ont été nommés membres du Comité permanent d'électricité, pour les années 1913 et 1914 :

MM. Berthelot (André), administrateur délégué de la Compagnie du chemin de fer Métropolitain de Paris;

Boutan, directeur de la Compagnie du Gaz de Lyon;

Brachet, directeur du Secteur électrique des Champs-Élysées;

Brylinski, sous-directeur de la Société du Triphasé;

Cordier, administrateur délégué de la Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen;

Equer, administrateur délégué de la Compagnie générale parisienne des Tramways;

Guillain, président du Conseil d'administration de la Compagnie française pour l'exploitation des brevets Thomson-Houston;

Harlé, de la maison Sautter-Harlé et Cie;

Hillairet, ingénieur-constructeur;

Labour, directeur de la Société l'Éclairage électrique;

Meyer (Ferdinand), directeur de la Compagnie continentale Edison;

Pavie, administrateur délégué de la Compagnie générale française de Tramways;

Picou, ingénieur des Arts et Manufactures;

Sartiaux (Albert), ingénieur en chef de l'exploitation de la Compagnie du chemin de fer du Nord;

Sée (Raymond), président de la Commission d'exploitation du Syndicat des Usines d'électricité;

Maringer, conseiller d'État, directeur de l'Administration départementale et communale au Ministère de l'Intérieur;

Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage de la ville de Paris;

Michaux, membre du Comité consultatif de la vicinalité au Ministère de l'Intérieur;

Belugou, ingénieur en chef à la direction de l'exploitation télégraphique au sous-secrétariat d'État des Postes et des Télégraphes;

Lorain, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes;

Devaux-Charbonnel, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes;

Cordier, chef d'escadron du 11e régiment d'artillerie;

Ferrié, chef de bataillon de la direction du matériel du Génie;

Simon, chef de bataillon, chef de l'établissement central du matériel de la télégraphie militaire;

Dabat, directeur général des Eaux et Forêts au Ministère de l'Agriculture;

Tavernier, inspecteur général de l'Hydraulique agricole, au Ministère de l'Agriculture;

Troté, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chef du service technique de l'Hydraulique agricole, au Ministère de l'Agriculture;

De Préaudeau, inspecteur général des Ponts et Chaussées;

Jullien, inspecteur général des Ponts et Chaussées;

Mommerqué, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Commission des distributions d'énergie électrique. — Le ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.

Vu l'arrêté du 25 août 1909, portant réorganisation de la commission des distributions d'énergie électrique, modifié par arrêtés des 4 mai 1910, 3 décembre 1910 24 juin 1911, 26 novembre 1911, 26 janvier 1912 et 30 octobre 1912; sur la proposition du directeur personnel et de la comptabilité.

Arrête :

Article premier. — Sont nommés membres de la commission des distributions d'énergie électrique, pour les années 1913 et 1914 :

MM. Jullien, inspecteur général des ponts et chaussées, président;

Doërr, inspecteur général des ponts et chaussées;

Chabert, inspecteur général des ponts et chaussées;

Rivoire Vicat, inspecteur général des ponts et chaussées;

Luneau, inspecteur général des ponts et chaussées;

Marion, inspecteur général des ponts et chaussées;

Ribière, inspecteur général des ponts et chaussées;

De Volontat, inspecteur général des ponts chaussées;

Limasset, inspecteur général des ponts et chaussées;

Walckenaer, inspecteur général des mines;

Liénard, inspecteur en chef des mines;

Zacon, inspecteur départemental du travail;

Berthelot (André), administrateur délégué de la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris;

Cordier, administrateur délégué de la Société Énergie électrique du Littoral méditerrauéen;

Brylinski, sous-directeur de la Société du Triphasé;

Raclet, administrateur délégué de la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône.

Article 2. — Seront attachés à la Commission des distributions d'énergie électrique pendant les années 1913 et 1914 pour remplir les fonctions ci-après désignées :

Secrétaire : M. Ourson, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Secrétaires adjoints rapporteurs : MM. Oppenheim, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées;

Le Gavrian, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées;

Le Trocquer, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées;

Huet (Robert), ingénieur ordinaire des ponts et chaussées;

Delline, ingénieur ordinaire des mines;

Girousse, ingénieur des télégraphes;

Gervais de Rouvillle, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

Concours pour lampe électrique de mineur. (*Glückauf*, n° 42, 1912.) — Les lampes de sûreté à huile et à benzine employées dans les mines de charbon présentent, à côté de grands avantages, quelques inconvénients. Les lampes électriques proposées jusqu'ici pour les remplacer ne sont pas munies d'indicateur de gaz et n'ont pas un fonctionnement assez sûr.

L'association « Verein für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund » vient d'instituer un concours doté d'un prix de 25000 marks à attribuer à la lampe électrique de mineur qui répondra le mieux aux conditions suivantes :

Ne pas pouvoir provoquer d'explosion, même après avoir reçu un choc ou subi une détérioration. Pouvoir être employée pendant douze heures sans interruption. Être commode à porter, peu encombrante, robuste d'un usage facile et économique. Être munie d'un dispositif indicateur de gaz ayant au moins la même sensibilité que celui de la lampe à huile ou à benzine employée actuellement. Posséder une intensité lumineuse d'au moins 1 hefner après 12 heures d'éclairage.

Au cas où aucune des lampes proposées ne remplirait les conditions énoncées, le prix pourrait être partagé entre les solutions les plus approchantes.

Les lampes envoyées à ce concours doivent être accompagnées de dessins et notices en langue allemande. Les envois sont à faire avant le 1er octobre 1913.

Les usines centrales de Vienne. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 9 janvier.) — Pendant l'exercice 1911 on a exécuté 6125 nouvelles installations d'une puissance de 18320 kw. Dans la centrale de Simmering on a installé le sixième groupe actionné par turbine de 10 000 chevaux. On a agrandi la centrale de Engerthstrasse ainsi que 3 sous-stations. On a installé un réseau à 30 000 v pour desservir les environs de la ville. Les tableaux suivants permettent de faire la comparaison entre les trois derniers exercices (1909-1911).

	ANNÉE DE L'EXERCICE.		
	1909.	1910.	1911.
Nombre de chaudières	90	96	92
Surface de chauffe des chaudières, en m²	27 666	30 366	30 351
Nombre de moteurs à vapeur, à piston	28	26	23
Puissance de ces moteurs, en chevaux	45 400	45 400	40 800
Nombre des turbines à vapeur	8	8	9
Puissance de ces turbines, en chevaux	60 500	60 500	70 500
Puissance totale des moteurs, (sans les intallations de secours). en kw	65 850	64 650	69 030
en chevaux	105 900	105 900	111 306
Nombre des transformateurs des installations de secours	46	48	41
Puissance de ces transformateurs, en kw	2 883	3 313	3 668
Nombre de commutatrices	38	38	9
Puissance du côté continu, en kw.	35 407	35 374	1 555
Nombre des batteries d'accumulateurs	32	35	34
Puissance de ces batteries, en kw.	10 203	10 362	12 126
Longueur totale des câbles, en km	4 011	4 181	4 340
Nombre des transformateurs placés dans le réseau	3 018	3 057	3 204
Puissance de ces transformateurs, en kw	39 656	46 733	55 802
Nombre de maisons desservies	19 133	20 697	22 593
Nombre de compteurs installés	59 509	67 520	76 748
Capacité de ces compteurs, en kw	204 772	235 331	249 660
Nombre d'installations avec tarif à forfait (sans compteurs)	3 844	5 550	4 775
Puissance de ces installations, en kw	2 710	2 610	1 755
Exploitation.			
Énergie produite, en kw-h	29 570 469	141 530 104	158 946 586
Énergie utile, en kw-h	194 286 260	105 852 112	117 892 553
Emploi de l'énergie utile :			
Pour tramways	45 478 821	44 475 164	47 258 739
Pour lumière et moteurs	44 121 410	52 077 722	60 799 887
Consommation propre	6 386 029	9 301 226	9 833 727

F. L.

Étude économique des machines d'extraction électrique. — Une comparaison exacte de l'économie des machines d'extraction électrique et à vapeur n'est possible que dans des cas assez rares. L'ingénieur Philippe, dans un article de la revue minière *Glückauf*, indique quels sont les différents points de vue à envisager pour faire cette comparaison. Il importe de remarquer tout d'abord que des essais portant sur une durée de 12 ou 24 heures ne permettent nullement de tirer des conclusions valables pour la marche d'une année. Des expériences de très longue durée sont nécessaires. Le prix de revient de l'énergie électrique fournie à une machine d'extraction varie considérablement d'une installation à une autre. La détermination de ce prix de revient doit être faite en tablant sur la différence entre les dépenses totales de la station centrale de la mine envisagée sans ou avec une machine d'extraction électrique. Cette différence indique seule la dépense incombant à la machine d'extraction. L'auteur donne le détail des diverses opérations que comporte une mesure précise de la consommation d'énergie par tonne extraite et conteste le chiffre admis d'ordinaire de 2 kilowatts nécessaires à la station centrale pour obtenir un cheval utile au puits (en utilisant un convertisseur Ilgner). Les valeurs relevées dans la plupart des installations pour la consomma-

tion d'énergie par tonne sont notablement inférieures à ce chiffre; en outre le développement des stations centrales des mines de charbon, à turbines à vapeur, permet d'obtenir un prix de revient de l'énergie très faible, inférieure dans la grande majorité des cas à 2,5 centimes le kilowatt-heure, L'avantage de la machine d'extraction électrique, soit avec convertisseur Ilgner, soit à commande directe de la dynamo à tension variable par une turbine à vapeur, est réel et très net dans la plupart des cas. A l'économie de consommation s'ajoutent celles de graissage et de main-d'œuvre. La machine d'extraction électrique est en outre précieuse dans les cas où la pleine puissance n'est utilisable qu'après quelque temps de marche. M. A.

La production de l'acier fondu au four électrique en France (*La houille blanche*, de décembre.) — D'après la statistique officielle la production de l'acier fondu au four électrique pendant le premier semestre de 1912 a été de 18 040 tonnes, en augmentation de 4 964 tonnes sur la période correspondante de 1911. La production se répartit comme il suit :

Allier	520 tonnes
Ariège	419 —
Isère	1851 —
Loire	8904 —
Nièvre	9 —
Saône-et-Loire	1155 —
Savoie	4000 —
Seine	32 —
Tarn	1560 —
Total	18 040 tonnes.

F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Chatenay (Seine). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a approuvé le traité relatif à la concession de la distribution de l'énergie électrique dans la commune à passer avec la Compagnie Georgi.

Lent (Ain). — *Éclairage.* — La municipalité a décidé de nommer une commission chargée d'étudier un projet d'installation d'éclairage électrique.

Loisy-sur-Marne (Marne). — *Éclairage.* — La Société Meuse-et-Marne est nommée concessionnaire de l'éclairage électrique dans la commune.

Lure (Haute-Saône). — *Éclairage.* — Le réseau électrique (éclairage et force motrice) est en exploitation depuis quelques jours. L'éclairage public sera fourni le 1er avril prochain.

Lux (Côte-d'Or). — *Éclairage.* — M. Rebourg a été choisi comme concessionnaire de l'éclairage électrique.

Mallemort (Bouches-du-Rhône). — *Concession nouvelle.* — M. Castagnier, ingénieur électricien, est concessionnaire de l'électricité à Mallemort.

Marlieux (Ain). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a voté en principe l'éclairage électrique pour les rues et les édifices communaux et demande à la Société l'Union électrique de faire procéder incessamment à une enquête sur place.

Nantiat (Haute-Vienne). — *Éclairage.* — La municipalité a accepté les propositions de la Compagnie du Centre-Ouest.

Pelissanne (Bouches-du-Rhône). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a adopté le système de la régie avec courant fourni par la Société l'Énergie électrique de la Brillanne.

Poizat (Ain). — *Distribution d'énergie.* — La municipalité a accepté en principe le projet de distribution du courant électrique qui lui a été présenté par M. Montange.

Saintes (Charente-Inférieure). — *Distribution d'énergie.* — Le Centre électrique de Limoges est en pourparlers avec la municipalité pour fournir à la ville le courant électrique (force motrice et éclairage).

Salien (Bouches-du-Rhône). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a décidé le remplacement à Sallien de l'éclairage au pétrole par l'éclairage électrique.

Sauvignes (Saône-et-Loire). — *Éclairage.* — La municipalité a approuvé le traité à passer avec la Société l'Énergie électrique.

Uzès (Gard). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a décidé de traiter avec la Compagnie du Sud-Électrique.

Vitry-aux-Loges (Loiret). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a adopté les propositions d'éclairage électrique présentées par la Société Lefebvre.

COLONIES

Constantine (Algérie). — *Concession de l'éclairage.* — Le maire de Constantine fait appel aux personnes ou sociétés que pourrait intéresser la concession de la fourniture du gaz et de l'électricité. Le maire recevra les offres jusqu'au 1er janvier 1914.

CORRESPONDANCE

A propos de la traction à air comprimé.

MONSIEUR LE RÉDACTEUR EN CHEF DE *L'Industrie électrique*.

Votre correspondant parait aller un peu loin en affirmant l'infériorité sous tous les rapports de la traction électrique vis-à-vis de la traction par air comprimé. Si nous mettons à part les questions de rendement et d'économie qui sont très discutables, nous ne voyons pas très bien le Métropolitain, par exemple, utilisant l'air comprimé. Où trouver autrement qu'avec la traction électrique les rapides démarrages et la souplesse des moteurs? Où serait la douceur de roulement si les voitures motrices étaient munies de moteurs à piston? Enfin, comment remédiera-t-on à la perte d'énergie et au refroidissement qui résulte de la détente de l'air à son passage des réservoirs dans les cylindres, sinon par le réchauffement à l'aide d'un petit foyer ou d'une chaudière, ainsi que cela se pratique actuellement. Autant vaut-il alors employer directement la vapeur!

Veuillez agréer, etc. B.

QUELQUES REMARQUES

SUR LES

ALTERNATEURS A FRÉQUENCE ÉLEVÉE

Les courants alternatifs à fréquences élevées ont trouvé depuis quelque temps de nouvelles et intéressantes applications, principalement dans la télégraphie sans fil, dans les procédés d'ozonisation des eaux destinées à l'alimentation des villes, et enfin, pour citer une application moins industrielle, mais cependant fort intéressante : le pendule gyroscopique.

Le constructeur électricien a donc été amené à établir des types d'alternateurs spéciaux, ces machines se distinguant assez nettement des machines à fréquences ordinaires (de 25 à 60 périodes par seconde) en ce que leur dispersion d'induit est très grande et leur réaction d'induit très faible.

Elles constituent, tant au point de vue du stator qu'au point de vue du rotor, des machines à fuites magnétiques intenses et le calcul de la machine réside presque exclusivement dans le calcul de ces dernières.

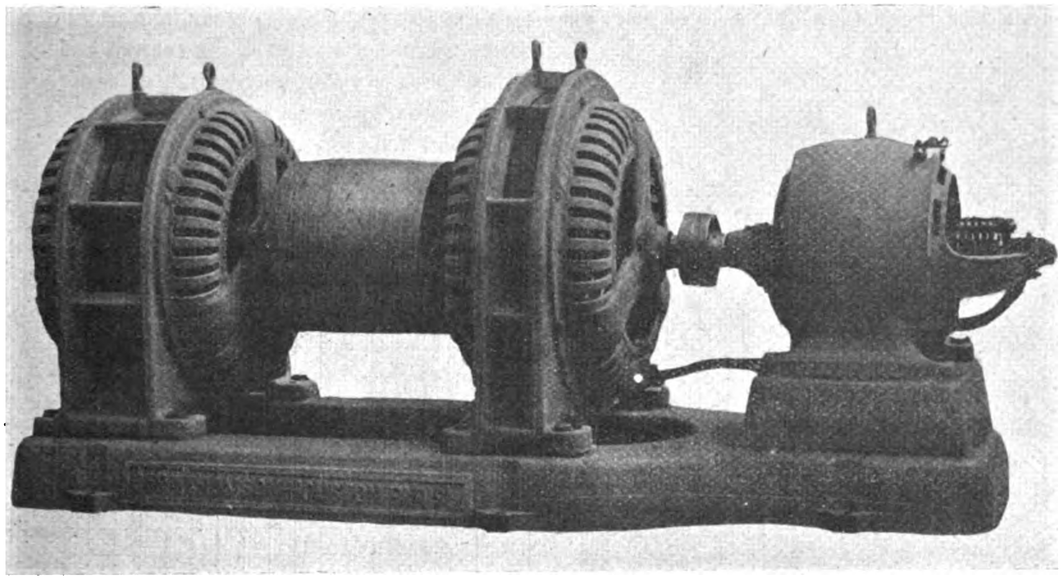


Fig. 1. — Vue d'ensemble d'un groupe moteur-alternateur.

Nous allons, dans les développements qui suivent, étudier spécialement un alternateur à courant alternatif simple, à 500 p:sec., 60 pôles et tournant par suite à 1000 tours. Cet alternateur, qui peut fournir 27 kv-A sous 110 v, est accouplé d'une part à une petite dynamo à courant continu, d'autre part à un alternateur à 50 p:sec. de 125 kv-A, à 5000 v.

Les ozoniseurs présentant toujours une certaine capacité, une self réglable, mise en série, a été prévue afin de pouvoir toujours ramener le facteur de puissance à l'unité.

Deux groupes ainsi constitués ont été construits par la Compagnie française Thomson-Houston en ses ateliers de Lesquin-les-Lille pour la Compagnie Générale de l'Ozone, en vue de la purification des eaux de la ville de Lorient (voy. fig. 1); cette dernière installation faisant suite à d'autres déjà réalisées pour les villes de Saint-Brieuc, Villefranche, les Sables-d'Olonne, etc., à l'aide d'alternateurs à 500 périodes de la même marque.

Le rotor (fig. 2) est constitué essentiellement par deux demi-roues polaires en acier coulé, portant chacune 30 épanouissements, formant masses polaires, et s'emboîtant l'une dans l'autre. L'excitation est assurée par une seule bobine centrale.

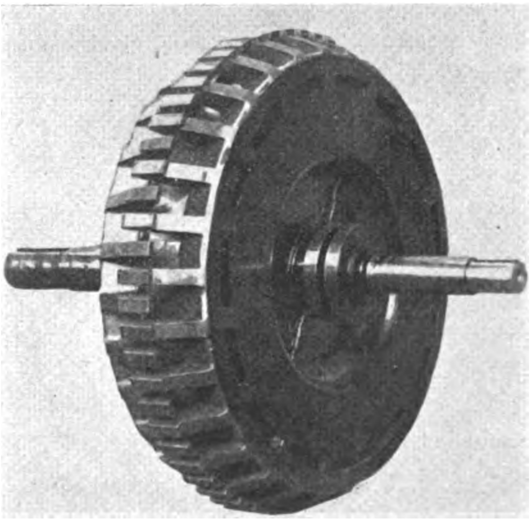


Fig. 2. — Rotor de l'alternateur à 500 p:sec.

Le calcul très simple du flux de fuites du rotor conduit à cette conclusion qu'il est du même ordre de grandeur que le flux utile. Son calcul est donc de la plus haute importance si l'on veut éviter des inductions exagérées dans le rotor.

Pour les fuites du stator, on trouve à l'aide des formules classiques ([1]) que le nombre de lignes de fuites par ampère-conducteur-centimètre est de :

1,5 pour les fuites à l'intérieur de l'encoche, laquelle est semi-ouverte ;

1,4 pour les fuites de dent à dent par l'entrefer;

0,52 pour les développantes.

La longueur dans le fer étant de 14 cm et celle dans

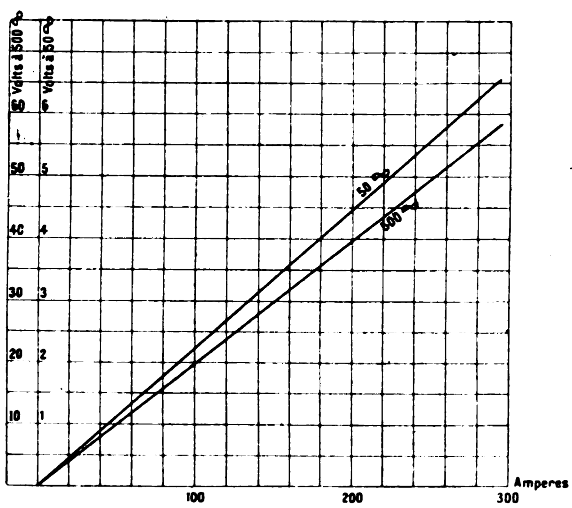


Fig. 3. — Courbes d'impédance.

l'air de 20 cm (soit une spire moyenne de 54 cm), il vient :

$$\sigma = \Sigma\gamma l = (2,9 \times 14 (+) 0,52 \times 20) \times 10^{-8} = 51 \times 10^{-8}.$$

La self-inductance de fuites du stator étant donnée par la formule ([2])

$$\mathfrak{L} = \sigma \times \frac{2}{S} \times p^2 \times N^2$$

dans laquelle

S est le nombre d'encoches (60);

p le nombre de paires de pôles (30);

N le nombre de spires par pôles ($N = 2$),

on a :

$$\mathfrak{L} = 51 \times \frac{2}{60} \times (30)^2 \times (2)^2 \times 10^{-8} = 0,612 \times 10^{-4}.$$

Par suite la tension de réactance

$$e = 2\pi f \mathfrak{L} I = 6,28 \times 500 \times 0,612 \times 10^{-4} \times 245 = 47 \text{ v}.$$

Or si nous nous reportons aux courbes d'impédance relevées expérimentalement, nous voyons que, pour 245 ampères qui correspondent au courant normal, la tension appliquée aux bornes du stator (rotor enlevé) pour faire circuler ce courant est de 48,5 v, valeur peu différente de celle calculée (voy. fig. 3).

Une courbe d'impédance a été relevée à 50 p:sec. On voit qu'elle ne diffère pas beaucoup de celle relevée à 500 p:sec. dont les ordonnées seraient réduites dans le rapport 500/50 malgré la grande différence de fréquence. Ce résultat montre qu'il n'est pas absolument nécessaire d'avoir, pour ces mesures, rigoureusement la fréquence, et que l'on peut par exemple, sans risquer de commettre une grande erreur, mesurer l'impédance d'un stator à 50 périodes avec du courant à 25 et réciproquement, en corrigeant les résultats obtenus proportionnellement aux fréquences.

Enfin, dans le cas actuel, les courbes d'impédance se réduisent à des droites, les encoches étant légèrement

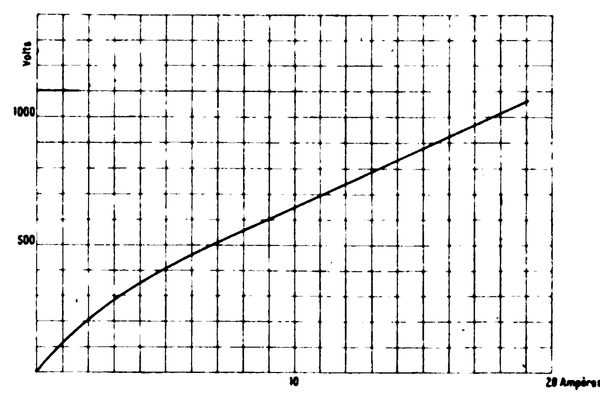


Fig. 4. — Influence de la saturation des isthmes.

ouvertes. Avec des encoches complètement fermées on aurait de véritables courbes, montrant nettement l'influence de la saturation des isthmes (voy. fig. 4 se rapportant à l'alternateur à 50 p:sec. accouplé rigidement à l'alternateur à 500 p:sec. et dont les encoches sont complètement fermées.)

Caractéristiques à vide et en court-circuit. — La caractéristique à vide n'a rien de particulier; mais, comme il fallait s'y attendre, la caractéristique en court-circuit n'est plus une droite (fig. 5). Les ampères-tours exigés en court-circuit n'ont plus pour but d'annuler l'action démagnétisante de la réaction d'induit, laquelle est très faible, mais d'équilibrer le flux de dispersion, lequel est au contraire très important et arrive même à saturer le fer de l'alternateur.

La saturation n'ayant qu'un effet insignifiant sur la régulation de telles machines, régulation qui est d'ailleurs presque forcément mauvaise, il peut arriver que la caractéristique à vide se réduise à une droite, alors que la caractéristique en court-circuit s'incurve nettement. On obtient alors un résultat exactement contraire de celui auquel on est habitué avec les alternateurs ordinaires.

([1]) Arnold. *Die Wechselstromtechnik*, t. IV.

([2]) R. Daguet, Comparaison entre alternateurs à courants triphasés et à courant alternatif simple. *L'Industrie électrique*, 25 juillet 1912.

Diagrammes de fonctionnement en charge. — Étant donné le caractère particulier de ces alternateurs, il était intéressant de vérifier sur l'une de ces machines le degré

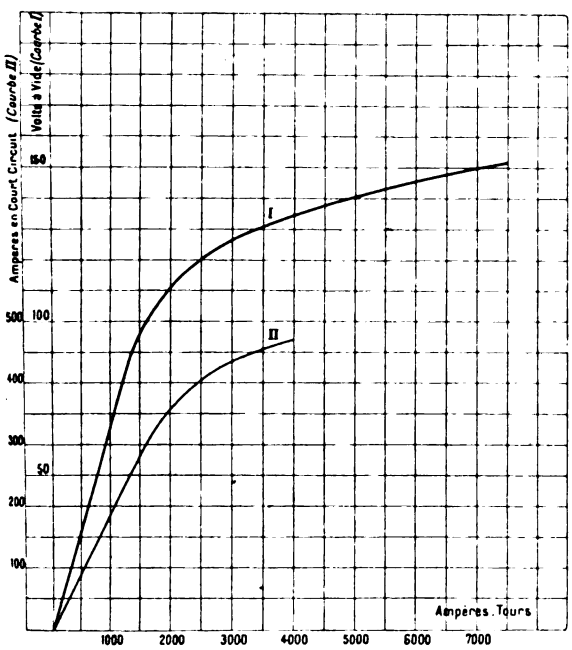


Fig. 5. — Caractéristiques.

d'approximation obtenu à l'aide des différentes méthodes qui permettent de prédéterminer l'excitation en charge d'un alternateur.

Pour faciliter cette comparaison un point à pleine

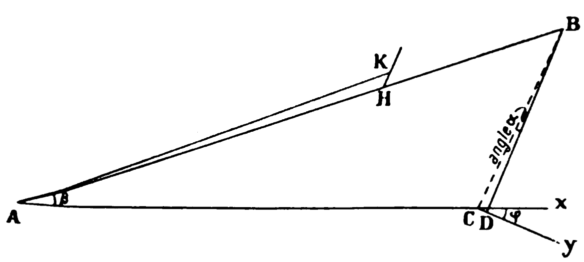


Fig. 6. — Diagramme de Potier.

charge à $\cos\varphi = 0{,}925$ a été relevé. On a noté 111,5 v. 245 ampères, 1000 t:min., 5,55 ampères d'excitation.

Traçons le diagramme de Potier (fig. 6).

Prenons pour λI la valeur 48,5 v;

pour αI la valeur de la réaction d'induit calculée à l'aide de la formule :

$$\frac{NI\sqrt{2}}{2},$$

I étant le courant efficace et N le nombre de spires par pôle; cette réaction, ainsi calculée, étant égale à 173 ampères-tours.

Prenons pour la chute ohmique RI la valeur 2,45 v calculée.

Traçons la figure ABCLHK dans laquelle :

AC représente la tension aux bornes : 111,5 v;

CD représente la chute ohmique : 2,45 v, portée suivant Cy faisant un angle φ avec Cx;

Le vecteur BD représente λI soit 48,5 v, il est d'ailleurs perpendiculaire à Cy.

Il vient :

$$BC = 48{,}6 \text{ v}$$

avec :

$$\sin\alpha = \frac{2{,}45}{48{,}5}, \quad \text{d'où} \quad \alpha = 3^\circ 10';$$

d'autre part :

$$\cos\varphi = 0{,}925, \quad \text{d'où} \quad \varphi = 22^\circ 20'.$$

Par suite, $\alpha + \varphi = 25^\circ 30'$.

Dans le triangle ABC on a :

$$(AB)^2 = (111{,}5)^2 + (48{,}6)^2 + 2 \times 110 \times 48{,}6 \times \sin 25^\circ 30'$$

d'où

$$AB = 139 \text{ v}.$$

Or 139 v correspondent sur la caractéristique à vide à 4675 ampères-tours. Composons ces ampères-tours avec ceux de réaction d'induit, on a :

$$AH = 4675,$$
$$AK = 173 \quad (AK \text{ étant parallèle à BD});$$

d'où

$$(AK)^2 = (4675)^2 + (173)^2 + 2 \times 4675 \times 173 \sin(\varphi + \beta)$$

avec

$$\cos\beta = \frac{110 + [48{,}6 \times \sin(\alpha + \varphi)]}{139} = 0{,}945$$

d'où

$$\beta = 20^\circ,$$
$$\varphi + \beta = 42^\circ 20'$$

et

$$\sin(\varphi + \beta) = 0{,}67.$$

Par suite

$$AK = 4800 \text{ ampères-tours}.$$

Comme il y a 1470 spires sur la bobine d'excitation, le courant d'excitation sera donc de

$$\frac{4800}{1470} = 3{,}26 \text{ ampères}.$$

La différence est de 2,5 pour 100 par rapport au chiffre relevé expérimentalement.

Les méthodes de Rothert et de Behn-Eschenburg donnent des résultats très différents de la réalité, la première par défaut, la seconde par excès.

Rothert donne 1,85 ampères.

Behn-Eschenburg donne 5,10 ampères.

La moyenne de ces deux valeurs donne 3,475 ampères, ce résultat étant comme à l'habitude peu différent de la vérité.

Enfin il est curieux de remarquer que la moyenne de ce dernier résultat et de celui fourni par la méthode de Potier est de 3,56 ampères, chiffre excessivement voisin de celui relevé expérimentalement.

Court-circuit brusque des alternateurs a fréquences élevées. — Lorsque l'on ferme brusquement une force électromotrice alternative sur une self-induction, l'intensité pendant la période transitoire affecte la forme d'une sinusoïde décalée soit en haut, soit en bas de la ligne des abscisses, et dont l'allure générale est celle de l'exponentielle [1]

$$i \text{ permanent} \times e^{-\frac{R}{L}T}$$

$\frac{R}{L}$ étant la constante de temps du circuit.

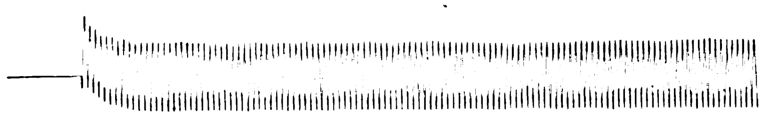


Fig. 7. — Oscillogramme d'un court-circuit franc (excitation 1,24 ampère).

Nous constatons sur l'alternateur à 500 p:sec. que nous étudions, le décalage en question, par contre nous n'enregistrons aucune surintensité appréciable.

Si nous appelons en effet :

L_1 le coefficient de self-inductance du stator;

L_2 le coefficient de self-inductance du rotor;

$\mathfrak{N}_1$ le coefficient d'inductance des fuites totales rapportées au stator;

M le coefficient de mutuelle inductance;

$\mathfrak{L}_1$ le coefficient de self-inductance de fuites du stator;

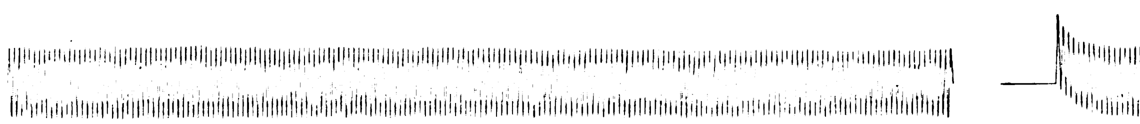


Fig. 8. — Oscillogramme d'un court-circuit franc, (excitation 12,4 ampères.)

$\mathfrak{L}_2$ le coefficient de self-inductance de fuites du rotor;

n_1 le nombre de spires par pôle au stator;

n_2 le nombre de spires par pôle au rotor.

Le facteur de surintensité est :

$$K = \frac{L_1}{\mathfrak{N}_1}$$

Mais :

$$L_1 = \mathfrak{L}_1 + \frac{n_1}{n_2} M$$

et

$$\mathfrak{N}_1 = L_1 - \frac{M^2}{L_2}$$

Le facteur de surintensité devient donc :

$$K = \frac{\mathfrak{L}_1 + \frac{n_1}{n_2} M}{\mathfrak{L}_1 + \frac{n_1}{n_2} M - \frac{M^2}{L_2}}$$

Divisons par $\mathfrak{L}_1$ haut et bas, il vient :

$$K = \frac{1 + \frac{n_1}{n_2} \frac{M}{\mathfrak{L}_1}}{1 + \frac{n_1}{n_2} \frac{M}{\mathfrak{L}_1} - \frac{M^2}{L_2 \mathfrak{L}_1}}$$

Or, dans ces machines à fuites intenses, M est très petit devant $\mathfrak{L}_1$ et L_2 de sorte que : $\frac{M}{\mathfrak{L}_1}$ et $\frac{M^2}{L_2 \mathfrak{L}_1}$ sont négligeables.

K a par suite une valeur très voisine de l'unité.

C'est d'ailleurs ce que confirment expérimentalement une série d'oscillogrammes relevés au Laboratoire de l'Usine 4 de la Compagnie française Thomson-Houston. Deux de ces oscillogrammes sont reproduits dans les figures 7 et 8. Il a été obtenu en fermant brusquement en court-circuit l'alternateur excité et donnant sa tension normale.

R. Daguet.

LE

CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(suite) [2]

Fonctionnement au régime accidentel. — Lorsque la lampe est hors-circuit, la force magnétomotrice dans la bobine est de 920 ampères-tours maxima.

S'il n'y avait pas de joints, on aurait ainsi comme force magnétisante maxima 30 ampères-tours par cm, ce qui correspond à une induction maxima de 17500 gauss.

---

(1) P. Bunet et P. Boucherot, Sur les surintensités à la fermeture des circuits. *Bulletin de la Soc. intern. des Electriciens*, mai et juin 1911.

(2) Conférences de M. Boucherot. Voy. *L'Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov. 1912, p. 485; n° 502 du 25 nov., p. 514; n° 504 du 25 déc., p. 555: n° 505 du 10 janvier 1913, p. 9; n° 506 du 25 janvier 1913, p. 28, et n° 508 du 25 février 1913, p. 83.

Pour cette induction maxima de 17500 gauss, les joints absorberaient 140 ampères-tours, et il n'en resterait que 780 pour le fer, soit 25 ampères-tours par centimètre, ce qui correspond à une induction maxima de 16500. L'induction maxima sera donc comprise entre 16500 et 17500 gauss, admettons 17000.

Nous ne chercherons pas exactement la tension efficace résultante, en tenant compte de la déformation de la sinusoïde, et nous admettrons grosso modo que la tension aux bornes de la bobine est, dans ces conditions, de 17 v.

L'échauffement sera évidemmeut un peu fort, il suffit qu'il ne produise pas la détérioration des isolants.

Perte par hystérésis : 22 w.
Perte par courant de Foucault : 4,5 w.
Perte totale dans le fer : 26,5.
Effet Joule : 9,5 w.
Perte totale dans la bobine : 36 w.

Comme surface de refroidissement nous admettrons la surface de la bobine, plus la surface du fer extérieur à la bobine.

Nous aurons ainsi :
Surface de la bobine : 1,3 dm².
Surface du fer à l'extérieur de la bobine : 2,7 dm².
Surface totale : 4 dm².
qui nous donnera une élévation de température de 50 à 60° au-dessus de l'ambiante.

On pourra, si l'on veut augmenter la surface de refroidissement, laisser vides les intervalles compris entre le tube isolant et le fer.

Remarquons que, lorsqu'une lampe s'éteint, bien que la tension aux bornes de la bobine de self-inductance augmente, l'intensité dans le circuit principal *augmente* légèrement.

En effet, chacun des 200 systèmes constitués par une lampe et une bobine en parallèle, absorbe une puissance réelle de 111,8 w et une puissance magnétisante de 30 w. Si l'on supprime par la pensée 10 lampes dans le circuit, en supposant que le courant reste le même, on remplace 10 groupes tels que ci-dessus par 10 réactances absorbant chacune 17 volts et 11,6 ampères, soit 200 w que, *pour simplifier*, nous supposerons complètement magnétisants.

Le système entier absorbera donc :

$$190 \times 111,8 = 21\,200 \text{ w de puissance réelle,}$$

et $(190 \times 30) + (10 \times 200) = 7700$ w de puissance magnétisante, c'est-à-dire 22500 w de puissance apparente, lesquels, pour 11,6 ampères, ne correspondent qu'à 1940 volts.

La tension étant maintenue constante, le courant sera donc supérieur à 11,6 ampères.

Evidemment le courant n'augmente pas indéfiniment quand on supprime des lampes, puisque pour toutes les lampes supprimées il tendrait vers 3 ampères. Si l'on suppose les lampes mises hors-circuit successivement, sur 2000 v constants, le courant commence par croître un peu, puis diminue assez rapidement.

Bobines Dolivo-Dobrowolsky. — Le système de Dolivo-Dobrowolsky, pour obtenir une distribution à courant continu à 3 fils au moyen d'une seule dynamo, consiste (fig. 58) à intercaler entre deux points A et B (diamétralement opposés pour un induit bipolaire) une bobine de self-inductance dont on relie le centre au fil neutre de la distribution. Si E est la tension continue recueillie entre les balais C et D, la différence de potentiel entre A et B

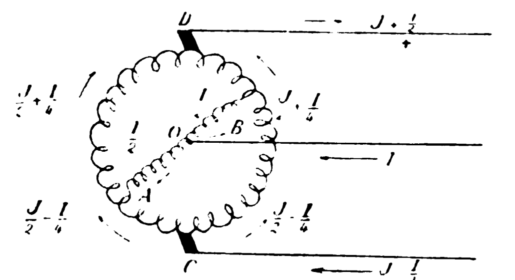


Fig. 58.

varie continuellement suivant la fonction $E \sin \omega t$, et les enroulements de la bobine de self sont parcourus par un courant alternatif faible, si l'on a soin de la faire à circuit magnétique fermé.

Si les débits sur les deux fils extrêmes ne sont pas égaux et diffèrent d'une quantité I, un courant I doit nécessairement passer par le fil neutre. Ce courant I

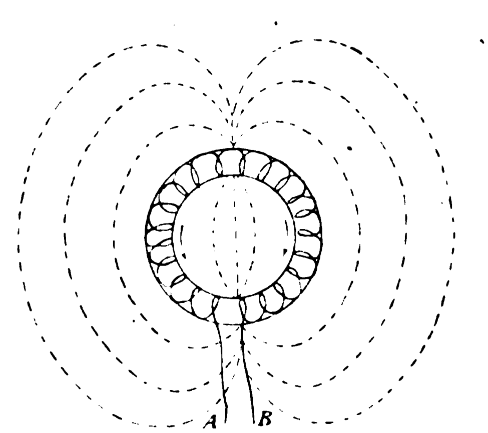


Fig. 59.

entrant au milieu de la bobine de self se bifurque en 2 courants $\frac{I}{2}$, de sorte que si J est le courant passant d'un balai à l'autre, le courant est $\frac{J}{2} - \frac{I}{4}$ dans les portions CA et CB de l'induit et $\frac{J}{2} + \frac{I}{4}$ dans les portions AD et BD de l'induit.

Nous ne nous préoccupons pas de ce qui peut se passer dans la dynamo au point de vue de la réaction d'induit et de la commutation.

Mais occupons-nous un peu de la bobine de self-inductance. Celle-ci, à circuit magnétique fermé, pourra être telle que figure 59. Le calcul des variations de flux et du

courant magnétisant pourra se faire comme à l'ordinaire. Mais, remarquons que le courant continu qui se bifurque de O à A et de O à B, tend à produire dans le système 2 flux continus, de sens contraire. S'il n'y avait pas de fuites, il n'en résulterait aucun flux continu. Mais comme l'on développe en O et en AB 2 polarités magnétiques de signe contraire, il en résulte des lignes de force dans l'air tout comme dans une bobine de self à circuit magnétique ouvert à un instant quelconque de la période. Comme nous avons vu que la réluctance de l'air est petite, le flux continu qui s'établit dans le système peut être très important. Le circuit magnétique devient un ondulo-fluxeur, et il faut alors, pour avoir un fonctionnement satisfaisant, que, l'induction variant de $\mathcal{B}_c - \mathcal{B}_a$ à $\mathcal{B}_c + \mathcal{B}_a$, la valeur $\mathcal{B}_c + \mathcal{B}_a$ de cette induction soit inférieure à celle de la saturation. On est ainsi ordinairement conduit à adopter des sections de fer très considérables, et peu de spires, de manière à diminuer $\mathcal{B}_c$.

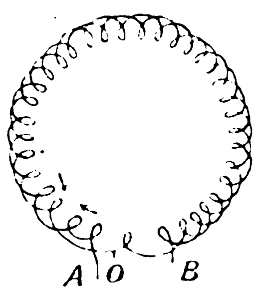


Fig. 60.

Un moyen plus élégant de réduire le flux continu, consiste (fig. 60) à superposer les enroulements OA et OB tout autour du noyau magnétique, de manière que les forces magnétomotrices continues s'annulent en tous les points du contour.

On peut encore réaliser ces bobines sous forme triphasée (fig. 61). Le courant continu est alors 1/3 dans chacune des branches OA, OB, OC. Dans l'induit, le courant est $\frac{J}{2}+\frac{I}{3}$ en BF; $\frac{J}{2}+\frac{I}{6}$ en AF; $\frac{J}{2}$ en CF; $\frac{J}{2}-\frac{I}{3}$ en DC; $\frac{J}{2}-\frac{I}{6}$ en DA.

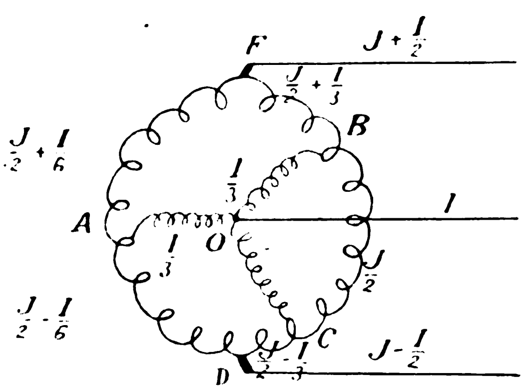


Fig. 61.

La même remarque est à faire en ce qui concerne la superposition des flux continus aux flux alternatifs, et pour appliquer cette disposition sans avoir de flux continu dans les trois noyaux il faut en réalité prendre 6 points sur la circonférence de l'induit.

Self-inductance des lignes. — Bien que nous ne désirions pas étudier les canalisations en détail, nous sommes conduit à en dire quelques mots, une ligne étant un appareil doué, non seulement de résistance, mais aussi de self-inductance.

On doit évidemment chercher à rendre cette self-inductance aussi petite que possible, afin d'y dissiper aussi peu que possible de puissance magnétisante.

A ce point de vue comme on le sait, on rapproche les fils autant que les conditions de sécurité le permettent. Les limites entre lesquelles on peut faire varier la self-inductance par éloignement ou rapprochement des conducteurs sont pratiquement très resserrées.

Si l'on examine de près les valeurs de la réactance, pour la fréquence 50, de fils plus ou moins gros et espacés, on trouve que, pour des fils de 20 mm de diamètre, écartés de 20 cm, c'est-à-dire gros et très rapprochés, la réactance est de 0,20 ohm par km de fil, tandis qu'elle n'est encore que de 0,42 ohm pour des fils de 3 mm de diamètre, écartés de 1 m. La réactance est donc presque constante et vaut en moyenne 0,3 *ohm par km de fil* et pour la fréquence 50. Mais elle peut être plus grande si l'on emploie des dispositions malheureuses, si l'on fait par exemple longer des poutres de fer à des conducteurs parcourus par des courants importants. Non seulement alors on augmente considérablement la réactance des lignes et la puissance magnétisante dépensée, mais encore on développe, dans les poutres, des courants de Foucault, ce qui donne lieu à une perte d'énergie supplémentaire.

Une autre disposition malheureuse consiste à armer chaque conducteur individuellement. Supposons une ligne formée par deux fils de 500 m de longueur chacun, et de 8 mm de diamètre, parcourus par un courant de 20 ampères, l'armure ayant 25 mm de diamètre moyen et 1 mm d'épaisseur (fig. 62). L'induction maxima développée dans l'armure sera de 7000 gauss, en la supposant sans solution de continuité. Le flux par cm de longueur sera 1400 (7000 × 0,2 = 1400), soit pour 500 m, 70.10⁶, ce qui donnera lieu à une force contre-électromotrice de 154 v, c'est-à-dire à une réactance de 7,7 ohms par km de fil, c'est-à-dire de 20 à 30 fois la réactance des mêmes fils dans l'air. L'armure étant en réalité constituée par des fils d'acier posés en hélice, la réactance serait en réalité moins considérable mais n'en serait pas moins encore très nuisible.

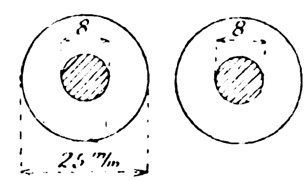


Fig. 62.

Même lorsque l'on ne commet pas de maladresse, la réactance des canalisations arrive à provoquer, lorsque l'on doit transporter des courants très importants, des chutes de tension considérables, et l'on doit, à ce point de vue, adopter des tensions souvent élevées pour des distributions, à petite distance, de grosses puissances, puisque si la réactance *S* reste sensiblement constante,

la puissance magnétisante dissipée SI^2 ne peut être réduite qu'en diminuant I.

Soit m le rapport entre la puissance magnétisante que l'on consent à sacrifier dans un fil et la puissance apparente transmise par ce fil; la puissance magnétisante perdue dans un fil transportant UI volt-ampères, sera mUI. En prenant comme réactance à 50 périodes la valeur moyenne de 0,3 ohm par km de fil, cette perte est aussi $0,3 I^2 \times l$ (l en kilomètres),

D'où

$$mUI = 0,3 I^2 l$$

$$U = \sqrt{\frac{0,3\,(UI)\,l}{m}} \text{ par fil.}$$

Par exemple, pour $m = 0,1$, $UI = 500\,000$ (c'est-à-dire si l'on transporte 1000 kw par 2 fils), $l = 0,25$, c'est-à-dire 2 fils de 250 m :

$$U = 600 \text{ v par fil,}$$

soit 1200 v aux bornes, pour une distribution monophasée.

Comme on vient de le voir, la puissance magnétisante dissipée en ligne, considérée indépendamment de la puissance réelle, conduit rapidement à la tension à adopter à ce point de vue, dans un projet. Ainsi que nous l'avons indiqué au chapitre des généralités, le calcul des chutes de tension, tension à l'usine, cos φ, puissance réelle et apparente dans un projet d'installation, peut se faire très rapidement de cette même manière sans diagramme ou calculs compliqués. Grâce à la considération de la puissance magnétique, on peut conduire tous les calculs concernant une installation à courants alternatifs comme s'il s'agissait de courant continu.

Si on retient en outre ce que nous venons de dire sur la réactance des lignes, on pourra, dans une circonstance quelconque sur place, sans table de logarithmes, en barêmes, se rendre compte de la façon dont une installation est établie.

Exemple de calcul d'installation. — Supposons, par exemple, que l'on se trouve dans une installation où l'on se plaint que la chute de tension à l'extrémité d'une ligne est très grande lorsqu'on fait marcher un moteur à cette extrémité. La tension à l'usine est maintenue constante à 120 v, l'installation est triphasée; la ligne est constituée par 3 fils de 200 mm² de section et de 400 m de longueurs convenablement écartés; il y a à l'extrémité de la ligne, 5000 w de lampes à incandescence ainsi que le moteur incriminé, qui donne 25 chevaux avec un cos φ de 0,85 et un rendement de 0,90.

Ce moteur absorbe donc une puissance réelle de :

$$\frac{25 \times 736}{0,9} = 20\,400 \text{ w,}$$

et une puissance magnétisante de :

$$\frac{20\,400\,\sqrt{1 - \overline{0,85}^2}}{0,85} = 12\,700$$

La puissance à l'extrémité de la ligne est donc :

Réelle : 25 400 w; Magnétisante : 12 700 w,

et la puissance apparente est : 28 400 watts.

Si ces appareils recevaient les 110 volts prévus, l'intensité totale serait 149 ampères.

La résistance d'un des trois fils de ligne étant :

$$\frac{1,7 \times 400}{2}\,10^6 = 0,034 \text{ ohm,}$$

la puissance réelle perdue en ligne serait :

$$\overline{149}^2 \times 0,034 \times 3 = 2270 \text{ watts.}$$

Remarquons en passant que, s'il n'y avait que la résistance de la ligne, la chute de tension serait $149 \times 0,034 = 5,07$ v par fil, soit $5,07\sqrt{3} = 8,8$ volts composés, c'est-à-dire raisonnable.

La réactance de la ligne doit être d'environ :

$$0,3 \times 0,4 \text{ km} = 0,12 \text{ ohm par fil.}$$

La puissance magnétisante dissipée en ligne est donc :

$$\overline{149}^2 \times 0,12 \times 3 = 8000 \text{ watts.}$$

Au départ de l'usine la puissance réelle devrait donc être :

$$25\,400 + 2270 = 27\,670,$$

et la puissance magnétisante :

$$12\,700 + 8000 = 20\,700.$$

Soit pour la puissance apparente :

34500 watts.

Ce qui, avec un courant de 149 ampères, exigerait :

$$\frac{34\,500}{149\sqrt{3}} = 134 \text{ volts.}$$

Les 120 volts sont donc, en tenant compte de la réactance de la ligne, nettement insuffisants, bien que la section soit considérable, puisque la densité du courant n'est que de 0,75 par mm².

Une telle installation possède un vice fondamental. En se reportant à la formule établie plus haut pour la tension à adopter, a priori, en ne tenant compte que de la perte de puissance magnétisante, en y faisant $UI = 10\,000$ (pour un fil), $l = 0,4$, $m = 0,07$, on trouve $U = 130$, c'est-à-dire pour la tension composée : 225 volts.

L'installation a été établie à trop basse tension, on ne gagnerait presque rien à augmenter encore la section des lignes.

Au contraire, on améliorerait la situation sensiblement en sectionnant la canalisation et en substituant 2 canalisations de 100 mm² à la première. En effet pour chacun des 6 nouveaux fils :

$$R = 0,068$$
$$S = 0,12.$$

Les puissances à l'extrémité de chaque ligne sont :

Réelle : 12700 w ; Magnétisante : 6350 w.

Comme le courant dans chaque ligne est 74,5, les pertes en ligne sont :

$$\text{Réelle} : 0{,}068 \, . \, \overline{74{,}5}^2 \, . \, 3 = 1135 \text{ w} ;$$

$$\text{Magnétisante} : 0{,}12 \times \overline{74{,}5}^2 \times 3 = 2000 \text{ w}.$$

Les puissances au départ deviennent pour chaque ligne :

Réelle : 13835 w ; Magnétisante : 8350 w ;
Apparente : 16200 w.

Et la tension au départ :

$$\frac{16200}{74{,}5\sqrt{3}} = 125 \text{ volts}$$

au lieu de 134 que l'on trouverait dans le cas précédent.

En résumé pour toute installation aussi compliquée qu'elle soit, dont on veut fixer les bases, il suffit de faire, à chaque extrémité de feeder, la somme des puissances réelles et la somme des puissances magnétisantes de tous les appareils branchés.

$$P = \Sigma\, UI \cos\varphi \qquad H = \Sigma U I \sin\varphi.$$

La puissance apparente pour l'ensemble de ces appareils est :

$$\sqrt{P^2 + H^2}.$$

Le courant passant dans les feeders s'en déduit :

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + H^2}}{E}.$$

Les puissances perdues en ligne sont :

RI^2 (réelle) SI^2 (magnétisante)

Les puissances à fournir à l'usine :

$P + RI^2 = P_u$ (réelle) $H + SI^2 = H_u$ (magnétisante)

Et la puissance apparente à l'usine :

$$\sqrt{P_u^2 + H_u^2}$$

D'où

La tension à l'usine : $\dfrac{\sqrt{P_u^2 + H_u^2}}{I}$

Le cos φ à l'usine : $\dfrac{P_u}{\sqrt{P_u^2 + H_u^2}}$.

Nous ne saurions trop engager nos lecteurs à se servir de cette méthode rapide et sûre lorsqu'ils en auront l'occasion.

(*A suivre.*)

Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.

Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.

LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION ET DE TRANSMISSION AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

(SUITE) [1]

Transformateurs. — *Tension.* Le graphique ci-dessous (fig. 13) emprunté à un travail publié par une revue américaine [2] permet de se faire une idée précise des étapes marquées dans la construction des transformateurs au point de vue de la tension, depuis 1900. La production annuelle en transformateurs est divisée en cinq classes, correspondant aux tensions 50000 v et moins,

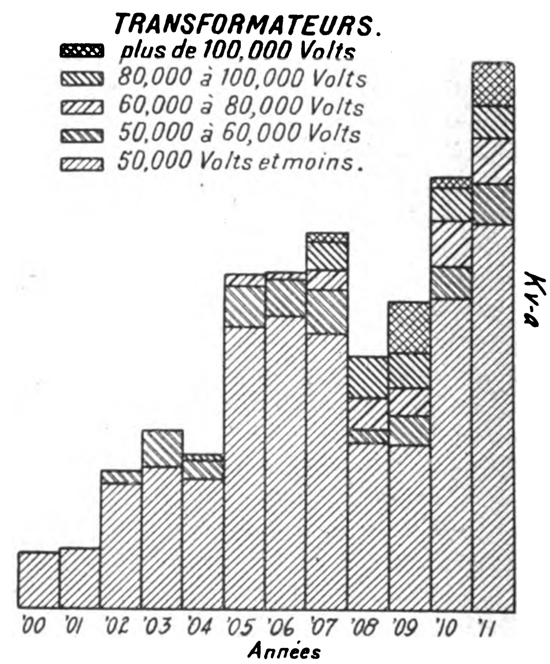


Fig. 13. — Graphique de la construction des transformateurs.

de 50000 à 60000, de 60000 à 80000, de 80000 à 100000, et de plus de 100000. Jusqu'en 1901, il n'y a pas de transformateurs à plus de 50000 v ; l'emploi des transformateurs à 50000-60000 v est resté très limité. C'est en 1905 que l'on a commencé à construire des tranformateurs à 60000-80000 v. Quelques transformateurs à 80000-100000 v furent construits en 1904 ; mais ce n'est qu'à partir de 1907 que la construction en a été régulièrement entreprise. En 1907, l'industrie électrotechnique eut à fournir quelques transformateurs à 110000 v ; en 1909, la proportion de transformateurs de

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 509 du 10 mars 1913, p. 101.
[2] W. S. Moody, General trend of development in transmission distribution. *General electric Review*, juin 1912, p. 337.

ce genre par rapport au total a atteint 17 pour 100. En 1911, l'on a construit un nombre important d'appareils à 140000; la proportion de transformateurs à plus de 100 000 v a atteint 9 pour 100, c'est-à-dire, plus qu'aucune des trois autres catégories de transformateurs entre 50000 et 100000 v, ce qui justifie ce que nous disions

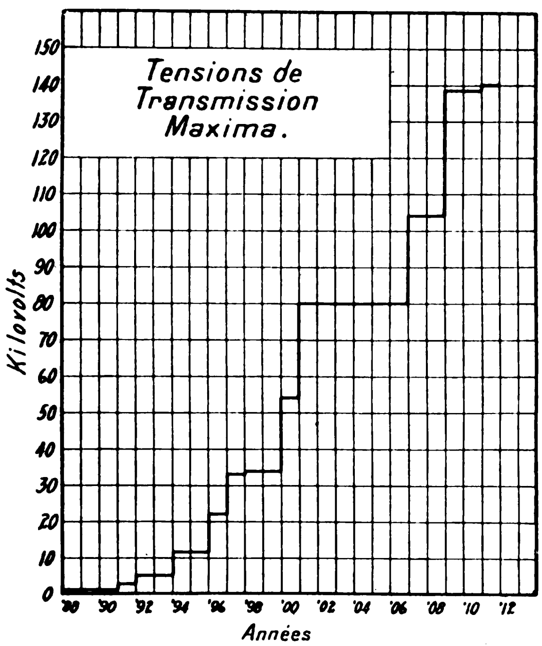


Fig. 14. — Augmentation des tensions.

précédemment que les tensions de plus de 100000 peuvent être considérées comme tout à fait pratiques.

On peut encore observer (fig. 14) que l'augmentation annuelle des tensions depuis 1904 a été de 10000 v en moyenne; bien que l'on eût pu se croire arrivé à la limite

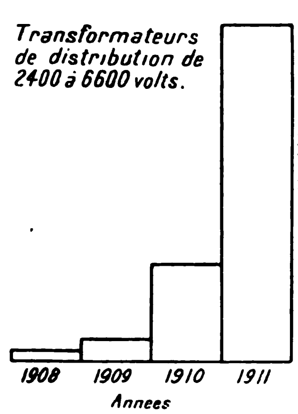


Fig. 15.

possible pratiquement, cette augmentation ne s'est pas démentie pendant l'année 1912, puisque l'on étudie plusieurs installations à 150000 v et plus.

Les tensions de distribution ne se sont pas élevées dans une moindre mesure. Il y a quinze ans, les distributions se faisaient exclusivement sous une tension de 1000 à 2400 v; depuis trois ou quatre ans, l'emploi des transformateurs à 5000-15000 v s'est largement accru, comme le montre les figures 15 et 16; en 1911, l'industrie a produit 30 fois plus de transformateurs à 6600 v qu'elle n'en avait fourni 3 ans plus tôt; de même une augmen-

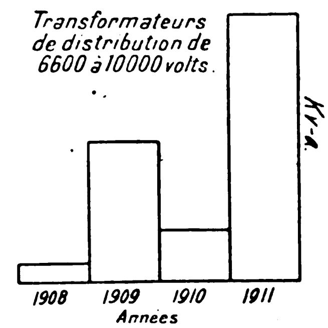


Fig. 16.

tation importante (rapport 12-1) se manifeste pour les appareils à 10000 v.

Taille. — Nous avons dit un mot déjà de l'augmentation de la grandeur de tous les appareils électriques; la figure 17 précise cette remarque pour ce qui est des tranformateurs. C'est en 1899 seulement que, pour la

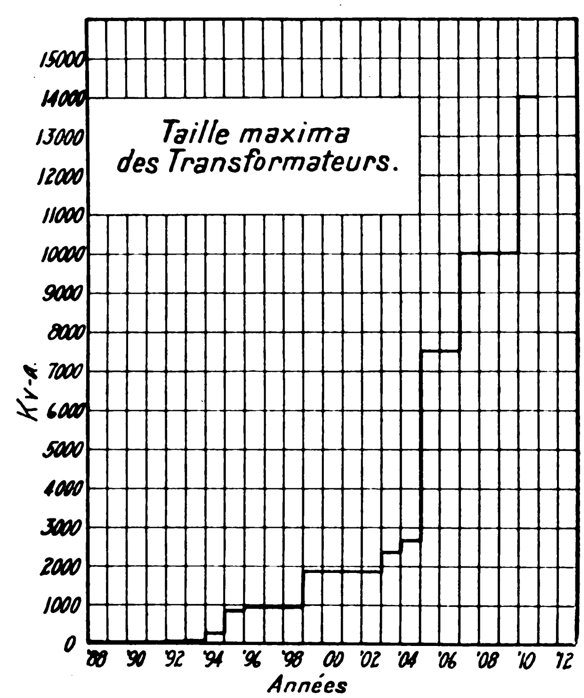


Fig. 17.

première fois, l'on a construit un transformateur de plus de 1000 kv-a; en 1905, apparait la première unité de 5000 kv-a. Depuis, l'augmentation a été extrêmement rapide; elle s'est manifestée non seulement pour les installations à haute tension, mais aussi pour les installations à moyenne tension, et la puissance moyenne par unité s'est relevée très sensiblement.

Il n'est pas encore possible de donner des chiffres sem-

blables pour ce qui concerne les transformateurs d'extérieur, dont la mise en pratique est toute récente; qu'il suffise de dire que des appareils de ce genre sont en service pour des tensions jusqu'à 110000 v et des puissances jusqu'à 3330 kv-a.

Réactance. — Après avoir pendant longtemps cherché à réaliser le minimum de réactance, on préfère aujourd'hui des réactances relativement fortes, allant jusqu'à 6 ou 8 pour 100; des transformateurs que l'on construisait il y a 4 ou 5 ans avec une réactance de 3 pour 100 en ont aujourd'hui une de 5 à 6 pour 100.

Réfrigération. — La pratique demande surtout des transformateurs de grande puissance à réfrigération automatique sans circulation forcée d'air, d'eau ou d'huile, ainsi que des transformateurs pouvant fonctionner à l'extérieur.

La demande de transformateur à réfrigération automatique comptée d'après la puissance a augmenté dans la proportion de 1 à 7, de 1908 à 1911; la capacité moyenne est passée dans le même temps, de 450 à 1000 kv-a.

Isolement. — Les isolateurs de sortie des caisses, qui avaient donné lieu à certaines craintes, satisfont complètement au besoin dans les formes présentes.

Manœuvre des lignes de transmission. — Pour les tensions moyennes, les procédés ordinaires ne présentent pas d'inconvénients; pour les hautes tensions, et spécialement à partir de quelque 60000 v, les manœuvres sont dangereuses.

Les meilleurs spécialistes américains recommandent de ne pas faire les manœuvres du côté haute tension parce qu'à partir d'une certaine limite, les appareils transformateurs possèdent une capacité électrostatique telle que, combinée à l'inductance, elle favorise les productions des oscillations électriques. Le danger est conjuré lorsque l'on opère du côté primaire; une petite note publiée à ce sujet par M. Steinmetz [1] le fait voir d'une façon très simple.

Théoriquement, dit en substance le savant ingénieur, un circuit quelconque possède une certaine capacité et une certaine inductance et emmagasine donc de l'énergie électrostatiquement et électromagnétiquement.

Aux tensions moyennes, les seuls circuits possédant une capacité appréciable sont les lignes aériennes et les câbles souterrains; la capacité électrostatique des générateurs, des transformateurs, etc., est négligeable, et seule l'inductance y joue un rôle. Il ne peut donc se produire sur ces générateurs d'oscillations de courant; et si des oscillations d'origine extérieure les atteignent, elles sont arrêtées aux extrémités. Pour protéger un transformateur ou un générateur, contre des oscillations extérieures, il suffit donc d'en isoler soigneusement les spires terminales, ou bien de les protéger par une bobine de réactance un peu importante.

Il en est autrement pour les hautes tensions; parce que les effets de la capacité augmentent très rapidement avec la tension.

Dans un transformateur l'énergie emmagasinée électromagnétiquement est très approximativement égale au produit de la tension de réactance, (qui est de 4 à 6 pour 100 pour les appareils modernes), et de l'intensité. L'énergie emmagasinée électrostatiquement est proportionnelle à l'intensité du courant de charge, multipliée par la tension; l'intensité du courant de charge lui-même est proportionnelle au produit de la tension et de la capacité. Pour un transformateur donné, que l'on rebobine pour une tension n fois plus grande que sa tension primitive, l'énergie emmagasinée électrostatiquement devient donc approximativement n^5 fois plus grande. A partir d'une certaine tension, que l'on peut évaluer à 60000 v, les phénomènes dus à l'existence simultanée de la capacité et de l'inductance deviennent très marqués; les appareils sont rendus accessibles aux oscillations extérieures et ils peuvent eux-mêmes devenir la source de telles oscillations. L'emploi de bobines de réactance pour les protéger n'est plus une garantie suffisante; les bobines tiennent bien à l'écart les oscillations d'origine extérieure, mais elles accumulent sur les appareils les perturbations qui y sont nées, elles les accentuent et elles en aggravent les conséquences.

Ce sont dès lors les opérations de commutation qui constituent le plus grand danger, surtout lorsqu'elles sont effectuées entre deux circuits d'un caractère différent.

En tout premier lieu, il résulte des remarques qui précèdent que l'on doit éviter autant que possible de faire

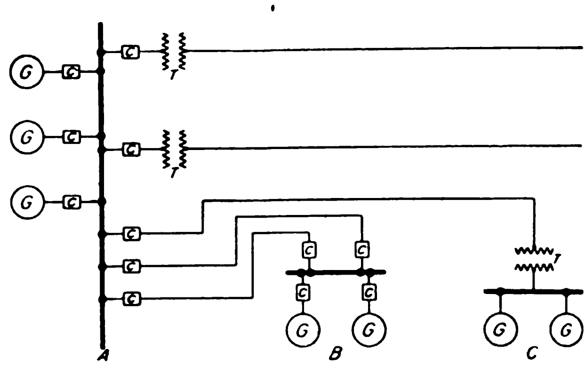


Fig. 18. — Schéma simplifié d'une installation.

les manœuvres du côté haute tension des transformateurs, entre ceux-ci et les lignes, si l'on veut mettre les appareils à l'abri de détériorations très graves — le mieux est de ne pas placer d'interrupteur entre les transformateurs et les lignes, de connecter les appareils directement à celles-ci, et d'une façon permanente; — cette règle ne s'applique toutefois qu'aux appareils à haute tension. Pour les installations à basse tension, la méthode usuelle est applicable sans inconvénient. La figure 18 donne le

[1] C. P. Steinmetz, Notes on the control and operation of high tension transmission systems. *General electric Review*, juin 1912, p. 342.

schéma du mode de montage à employer : GGG y représentent les génératrices; TT, les transformateurs élévateurs et les transformateurs réducteurs; C, les interrupteurs. Des interrupteurs séparateurs — que l'on ne peut manœuvrer si les appareils sont sous tension — sont placés de part et d'autre des transformateurs et des interrupteurs. Cette disposition sépare les lignes du côté haute tension et ne les met en parallèle que du côté basse tension; elle offre à cet égard l'avantage qu'une dérivation à la terre sur l'un des conducteurs n'affecte pas les autres. On lui objecte, par contre, qu'en cas de dérangement sur une ligne, le transformateur correspondant est également mis hors d'usage: on peut s'arranger pour pouvoir relier un quelconque des transformateurs et des générateurs à chacune des lignes; mais cela conduit à de telles complications de montage que les risques d'accident deviennent encore plus grands que si l'on se dispense de cet arrangement; pour les hautes tensions, plus le circuit est simple, mieux cela vaut.

Éventuellement l'installation de l'unité de transformation en réserve peut être réalisée d'après la disposition représentée par la figure 19 dans laquelle T est le transformateur de réserve qui est relié à volonté à l'une ou

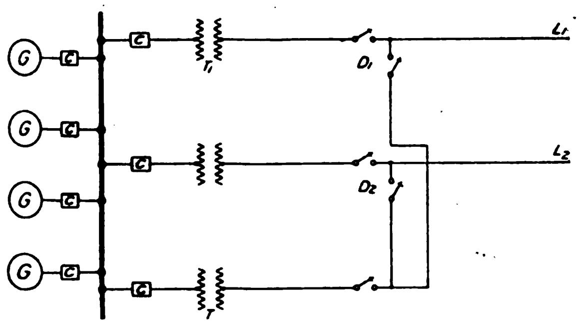


Fig. 19. — Montage avec transformateur de réserve.

l'autre ligne au moyen des interrupteurs D. S'il arrive que le transformateur T_1 soit mis hors de service, l'interrupteur automatique C_1 sépare la ligne L_1 des barres omnibus; on manœuvre alors l'interrupteur séparateur D_1 et on relie cette ligne au transformateur T, que l'on place enfin sous tension à l'aide de l'interrupteur C.

Cette manœuvre implique l'interruption momentanée de la ligne L_1; mais il est permis de dire que dans une transmission à haute tension la mise hors de service de l'un des transformateurs détermine en tout cas l'interruption de la ligne.

En cas d'accident sur l'une des lignes, l'arrangement indiqué sur la figure 19 peut aussi être employé pour relier le transformateur correspondant à cette ligne à celle qui est en fonctionnement.

Comme nous l'avons dit, les opérations de commutation sur la haute tension sont dangereuses lorsqu'elles se font entre des circuits de caractère différent; mais elles n'ont aucun inconvénient sur des circuits de même nature au point de vue des conditions d'oscillations. Elles sont par exemple sans aucune difficulté entre des sections de ligne ou entre les lignes principales et les lignes secondaires; les opérations ne peuvent faire naître de danger que s'il y a des transformateurs dans le voisinage de l'endroit où se font les manœuvres.

L'application du système décrit ci-dessus peut rencontrer des difficultés lorsqu'il s'agit d'une installation où plusieurs stations génératrices alimentent ensemble les mêmes lignes de transmission. Si les stations sont situées à proximité l'une de l'autre, le mieux est ordinairement de concentrer les transformateurs élévateurs dans l'une d'elles et d'amener à la station choisie pour cela l'énergie des autres à la tension où elle est produite et qui est généralement voisine de 6600 à 11 000 volts.

Appareils de protection [1]. — *Parafoudre électrolytique à aluminium.* — Dans les conditions normales le parafoudre électrolytique à aluminium donne des résultats remarquables. Quelques mécomptes se sont, il est vrai, produits dans son emploi sur certaines lignes de transmission; mais il a été reconnu que les dérangements constatés provenaient de la mauvaise régulation des installations; il arrivait que le parafoudre fût soumis à des surtensions dépassant la tension normale de 75 pour 100 lorsque la charge venait à tomber brusquement. Des surtensions de ce genre proviennent des effets de la capacité électrostatique de la ligne, des courants de décalage, des génératrices, de l'emballement des groupes. Jusqu'à pré-

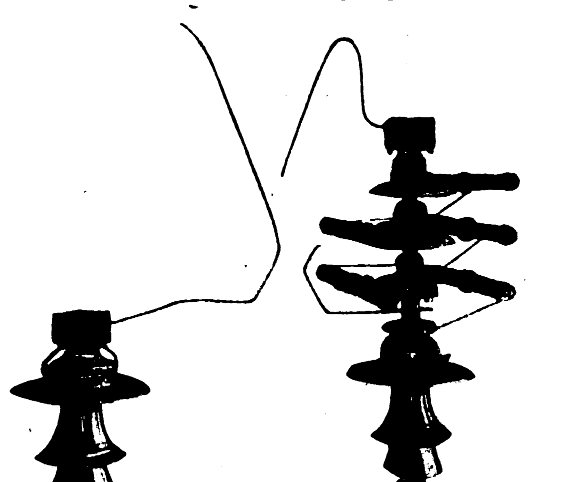


Fig. 20. — Éclateur spécial pour parafoudres électrolytiques.

sent il n'est pas encore possible de les supprimer complètement et la question se pose souvent pour le constructeur de réaliser des parafoudres qui puissent supporter de fortes décharges d'énergie. Lorsqu'il peut être établi sans crainte de phénomènes de cette espèce, le parafoudre électrolytique est simple; mis en série avec un éclateur, il ne doit supporter aucune charge appréciable, car il ne s'y produit aucun courant sous la tension normale et

[1] E. E. F. Creighton, Protection apparatus. *General electric Review*, juin 1912, p. 382.

l'énergie disponible dans les surtensions ordinaires est très faible; les plaques peuvent donc être de dimensions relativement restreintes et il n'est pas soumis à l'usure. Dans le but d'éviter que les surtensions accidentelles dont il a été question plus haut ne donnent lieu à des décharges, on peut ajouter à l'instrument des éléments supplémentaires. Mais pour que la protection soit réelle, il ne suffit pas de mettre plus d'éléments en série, il faut aussi que les éléments soient formés; si on se borne à soumettre le parafoudre à la tension normale, la pellicule n'est pas suffisante pour s'opposer à la décharge des surtensions électrodynamiques et, avant qu'elle ne soit constituée, des décharges dangereuses se produisent. On peut disposer les appareils pour charger les éléments séparément; mais cette disposition est une complication peu désirable; d'ailleurs, la pellicule se dissout spontanément lorsqu'elle n'est pas entretenue par une tension suffisante.

Une autre solution, préférable à la première, consiste à adjoindre au parafoudre un intervalle de décharge auxiliaire avec une résistance (fig. 20); ce déchargeur est réglé pour une tension inférieure à celle du déchargeur principal. Lorsque se produit une surtension dynamique, la décharge se fait d'abord sur le déchargeur auxiliaire; les éléments du parafoudre se reforment et le parafoudre est rendu efficace, sans que la résistance nuise à la sensibilité de l'instrument comme dispositif de protection contre les décharges atmosphériques.

D'autre part, il peut être utile de limiter le courant de charge pendant la période de reconstitution des pellicules, afin d'éviter que des arcs se produisent sur l'instrument; ce résultat s'obtient en insérant dans le circuit une résistance ohmique, suffisamment faible cependant pour ne pas influer appréciablement sur la tension de charge des éléments.

Interrupteur d'arc avec la terre (¹). — Un dispositif spécial a été présenté au commencement de l'année dernière, sous le nom de « arcingground suppressor » ou

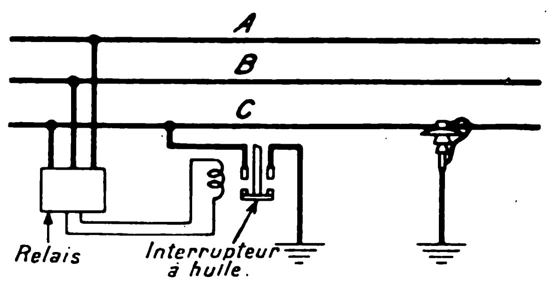


Fig. 21. — Interrupteur d'arc.

interrupteur de dérivation dangereuse à la terre, à l'Association des Ingénieurs électriciens américains. A cette époque, le dispositif dont il s'agit n'avait pas encore fait l'objet de beaucoup d'applications et il était impossible de se prononcer quant à la valeur pratique de l'instrument. Depuis plus d'expérience a été acquise, les conclusions annoncées au début ont été confirmées; l'instrument, qui fait disparaître l'une des causes les plus graves de la production des surtensions dangereuses, n'a pas même demandé de modifications notables.

L'arcingground suppressor (¹), (fig. 21 et 22), se compose essentiellement d'un interrupteur unipolaire à huile, pour chaque phase, d'un déclencheur automatique pour chaque interrupteur, et d'un dispositif sélecteur, ou relais sélecteur, électrostatique ou électromagnétique, qui commande le fonctionnement des déclencheurs. Les interrupteurs ont pour but de shunter toute phase sur laquelle

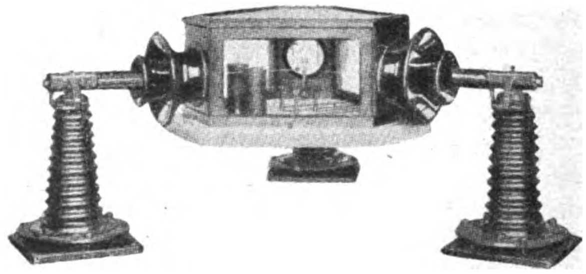


Fig. 22. — Relais électrostatique.

se produit une dérivation à la terre, mais de rétablir le circuit, aussitôt que, les vapeurs de l'arc s'étant dissipées, le système est à nouveau en état de fonctionnement; le relais sélecteur, placé sous l'action combinée des trois phases, fait choix de l'interrupteur intéressé.

Les perfectionnements apportés depuis 1911 ont consisté à donner plus de robustesse aux parties mobiles du relais électrostatique et à éliminer les plaques de verre interposées entre l'isolateur et le disque d'aluminium.

Le « suppressor » est d'une grande efficacité et il a récemment été essayé pour la protection des réseaux souterrains.

La plupart des dérangements qui peuvent atteindre les câbles souterrains résident précisément dans la production d'arcs vers la terre; l'emploi du « suppressor » y est donc plus utile encore que sur des lignes aériennes, mais il ne peut y être appliqué de la même façon.

En premier lieu, le « suppressor » ne peut rétablir le circuit lorsqu'il a fonctionné, parce que, lorsqu'un défaut atteint le câble, c'est un défaut permanent et qui doit être corrigé. En second lieu, il est nécessaire de disposer d'un instrument indiquant quel câble est atteint; ce dispositif existe aujourd'hui dans le localiseur de feeder défectueux, et le « suppressor » peut donc être appliqué de la façon la plus complète. Une grande installation de câbles protégés par le « suppressor » a été décrite par M. T.-J. Whittlesey (²).

Nous donnons à la figure 23 le schéma général du montage des « suppressors » et des relais détecteurs.

(¹) E. E. F. Creighton, article cité.

(¹) E. E. F. Creighton, Protection of electrical transmission lines, *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, mars 1911, p. 377.

(²) T. J. Whittlesey, *Proceedings of the American Institute o, Electrical Engineers*, juin 1912.

Localiseurs de feeders défectueux [1]. — Dans un grand réseau, la détermination du feeder sur lequel s'est produite une dérivation à la terre est souvent délicate.

L'intensité du courant dérivé peut varier entre des

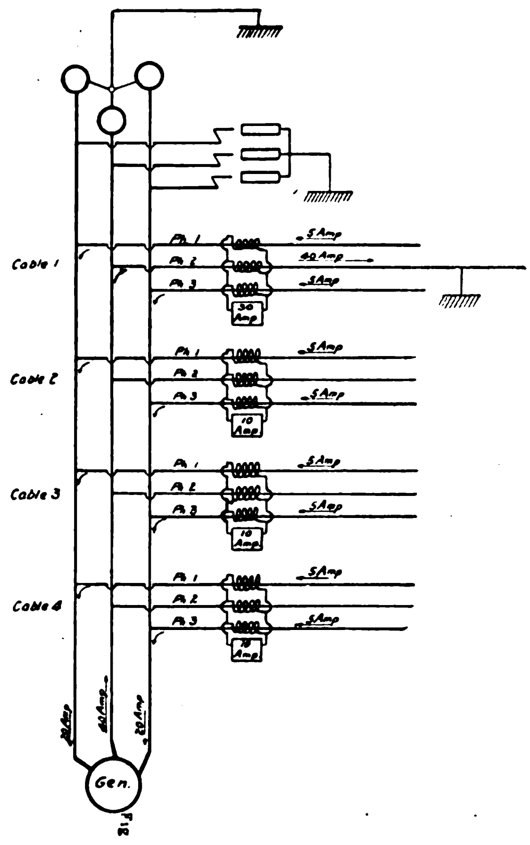


Fig. 23. — Montage général des relais sur un réseau de câbles.

limites très écartées et il est difficile de conditionner les relais de telle façon qu'ils fonctionnent régulièrement

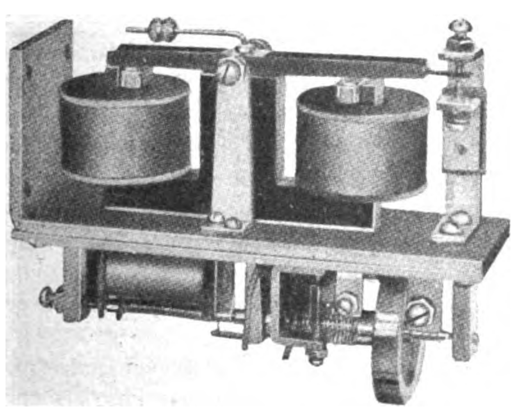


Fig. 24. — Relais retardateur à inertie.

dans ces conditions; s'ils sont réglés pour l'intensité minima, un fort courant les fait déclencher tous; s'ils sont réglés pour l'intensité maxima, ils ne décèlent pas les courants inférieurs. Pour surmonter ces difficultés, on bobine les relais de telle façon que les effets des courants sur les câbles sains s'annulent mutuellement.

D'un autre côté, les surintensités de courant se produisant dans les opérations de commutation pourraient aussi provoquer le fonctionnement des relais, si l'on n'avait soin de se prémunir contre des déclanchements intempestifs. Le remède employé consiste à retarder, à différer le fonctionnement, mais cette retardation ne peut dépasser la durée du fonctionnement du suppresseur, laquelle est de 1/4 de seconde approximativement; le délai de retardation doit ainsi être compris entre 0,20 et 0,25 seconde. L'élément retardateur actuellement utilisé est généralement un dispositif à inertie du type représenté figure 24.

Dispositifs d'alarme. — Après avoir expérimenté divers dispositifs basés sur les effets électromagnétiques, électrostatiques et électrothermiques, on s'est finalement arrêté à l'emploi du cohéreur de Branly. L'installation d'alarme, susceptible d'ailleurs de servir pour l'inscription des décharges, se composse essentiellement, comme le montre schématiquement la figure 25, d'un cohéreur, d'un frappeur, du dispositif d'alarme et du dispositif enregistreur. Lorsque le cohéreur est atteint par les oscillations électriques, il devient conducteur, permet l'éta-

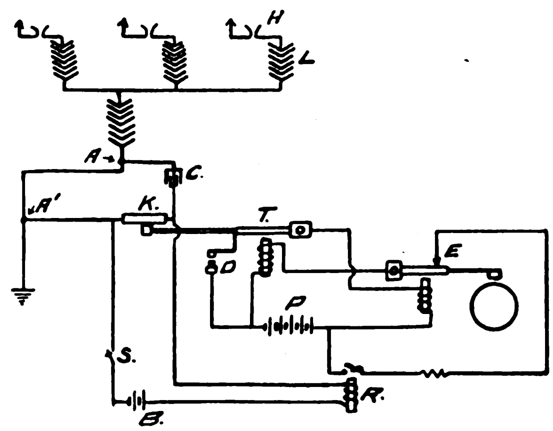


Fig. 25. — Avertisseur de fonctionnement des parafoudres.

blissement du courant local, d'une part sur le frappeur T, d'autre part sur le signal d'alarme; le frappeur attiré ne retombe qu'après que le signal a fonctionné. Le cohéreur K. est relié à l'une des antennes du parafoudre; il fonctionne pour toutes les décharges atteignant l'un ou l'autre des trois conducteurs. On peut ainsi le relier à la ligne téléphonique placée sous la ligne de transmission; il fonctionne alors quelle que soit la distance à laquelle la décharge se produit.

Ce système n'est pas encore extrêmement répandu; il a néanmoins déjà reçu d'intéressantes applications et il paraît devoir en recevoir davantage.

Parafoudre à chambre de compression [1]. — L'expé-

[1] E. E. F. Creighton, article cité.

[1] F. R. Shavor, *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, mars 1912. — E. E. F. Creighton, article cité.

rience permet de dire que, sur les transmissions, les perturbations d'origine atmosphérique sont très localisées, et que la zone de protection des parafoudres est très limitée; on a été ainsi conduit à pourvoir d'un parafoudre, pour ainsi dire, tous les appareils pouvant souffrir

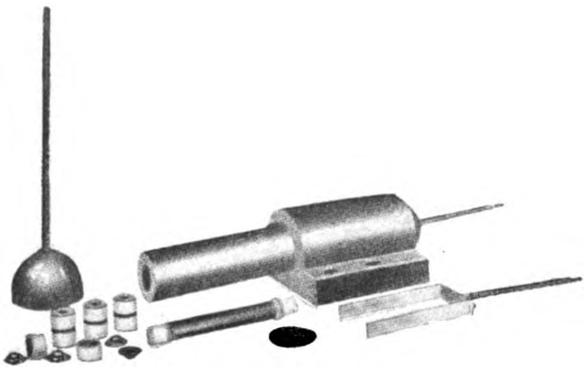


Fig. 26. — Parafoudre à chambre de compression.

des décharges. Mais les parafoudres ordinaires, à résistance bien graduée, coûtent trop cher pour que l'on puisse y recourir avec cette profusion et l'on a dû re-

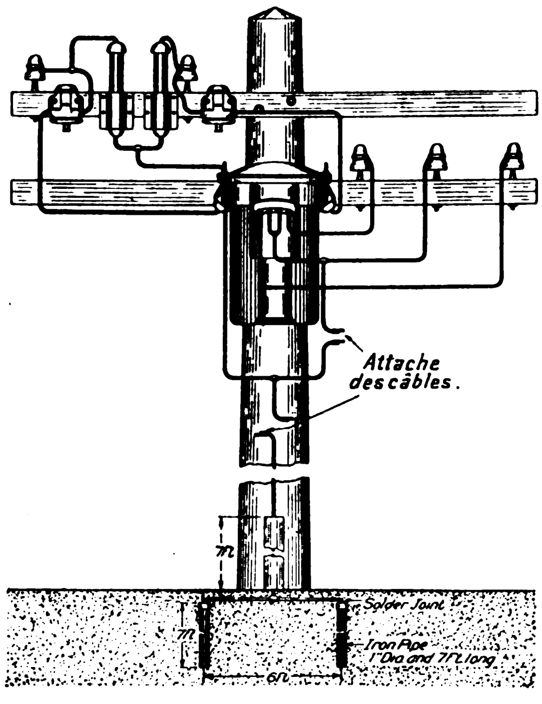


Fig. 27. — Montage sur poteaux.

chercher un instrument moins cher, fût-ce en sacrifiant un peu la sensibilité.

La solution de ce problème serait donnée par le parafoudre à antenne ou parafoudre à chambre de compression représenté figure 26, dont le mode de montage pour un transformateur de poteaux est indiqué figure 27.

Ce dispositif se compose essentiellement d'un corps en porcelaine d'environ 30 cm de longueur et formé d'un socle et d'un tube entre lesquels est intercalé un manchon métallique qui constitue l'antenne; cette antenne a pour objet d'augmenter la capacité électrostatique de deux électrodes placées à l'intérieur du tube. Conformément à la théorie exposée, il y a plusieurs années déjà, par M. C.-P. Steinmetz, elle facilite la décharge sur le parafoudre à intervalles multiples; il est donc possible de doubler le nombre d'éléments. Dans le tube, entre les branches de l'antenne, sont placés les éléments de compression; ces éléments sont formés d'un petit bout de tube en porcelaine, sur les extrémités duquel sont placés des capuchons concaves, en métal. Entre les capuchons, intérieurement, existe un petit intervalle que doit franchir la décharge : celle-ci a donc lieu dans un espace fermé; la compression qui en résulte contribue à provoquer l'extinction de l'arc.

En série avec le parafoudre est placée une résistance formée ordinairement d'une baguette métallique pleine ou creuse, selon les dimensions de l'appareil; pour un parafoudre installé sur un système à 2300 volts, cette résistance est conditionnée de manière à permettre un courant de décharge de 600 ampères. On peut d'ailleurs enfiler sur cette tige des électrodes en forme d'anneaux jouant le rôle d'éléments de parafoudre en shunt.

La liaison avec le sol est faite au moyen d'un fil de fer et par l'intermédiaire de la caisse du transformateur protégé; la prise de terre s'opère dans un sol aqueux et salé.

Sous-stations de transformation [1]. — Les sous-stations de conversion employées dans la traction sont généralement de type uniforme; elles fonctionnent presque toutes avec du courant alternatif à 25 p : sec. et leur outillage est ordinairement formé de convertisseurs synchrones ou commutatrices ordinairement compound. Les convertisseurs sont protégés par des réactances indépendantes, si les transformateurs ne sont pas eux-mêmes établis pour avoir une forte réactance.

La même uniformité ne s'observe pas dans les installations d'éclairage. Des commutatrices sont, il est vrai, également employées, d'une façon exclusive, sur les circuits à 25 p : sec., mais il y a encore beaucoup d'installations à 60 p : sec. où il est fait usage de groupes moteurs générateurs. L'accord n'est pas d'ailleurs fait en ce qui concerne le système de moteur générateur à employer, et ce n'est que depuis quelque temps que l'on peut observer une tendance plus ou moins marquée vers les groupes à moteurs synchrones.

L'emploi des moteurs asynchrones était autrefois général, parce que ces moteurs étaient considérés comme plus stables et plus sûrs; aujourd'hui l'emploi des moteurs d'induction est restreint aux petites puissances jusqu'à quelque 200 kw, et les préférences vont aux moteurs synchrones construits avec un gros induit très solide. Ces moteurs sont aussi robustes que les autres, de plus ils ont le précieux avantage de posséder un facteur

[1] C. W. Stone, article cité.

de puissance excellent et de pouvoir corriger celui de l'installation dont ils font partie ; leur intérêt à cet égard est surtout apprécié pour les réseaux à 60 p:sec., dont la charge est habituellement constituée en grande partie par des moteurs d'induction, des lampes à arc, etc., récepteur dont le facteur de puissance est défavorable.

Les convertisseurs en cascade sont peu employés parce que leur rendement n'est pas satisfaisant.

(*A suivre.*) MARCHAND.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 20 janvier 1913.

Sur les différences de potentiel de contact apparentes entre un métal et des solutions électrolytiques, par **M. J. Guyot.** — Dans une précédente Note, j'ai montré que la différence de potentiel apparente entre une toile métallique dorée et une solution électrolytique L, dans laquelle plonge une électrode réversible M, peut se représenter par l'expression

$$V = V_0 \pm K \log_{10} C.$$

Dans cette formule :

V_0 est une constante ;

K est voisin de $2{,}30 \frac{RT}{p\varepsilon}$, où R est la constante des gaz, T la température absolue, p la valence de l'ion créé par la dissolution de l'électrode, ε la constante de Faraday, et 2,30 le facteur de transformation des logarithmes décimaux en logarithmes népériens ;

Enfin, C représente indifféremment la concentration de la solution en molécules ou en ions correspondant à l'électrode, si les solutions soumises à l'expérience sont suffisamment diluées pour que la fraction des molécules dissociées soit voisine de l'unité.

De quoi dépend V_0 ?

Pour essayer de résoudre cette question, j'ai tout d'abord multiplié les mesures, dans l'intention de rechercher comment varie la différence de potentiel, quand on fait varier la nature de l'électrolyte, sans changer la nature de l'électrode, pourvu qu'il y ait toujours réversibilité.

Les résultats auxquels je suis arrivé me permettent d'énoncer la loi suivante :

Il existe même différence de potentiel apparente entre l'or et des solutions équimoléculaires d'électrolytes qui renferment un ion commun, et qui sont reliées aux appareils de mesure par l'électrode correspondant à cet ion.

En d'autres termes, la force électromotrice de la chaîne

$$\text{or} \,|\, \text{air} \,|\, L \,|\, M$$

prend des valeurs égales pour des solutions d'électrolytes différents, de même concentration, qui renferment toutes l'ion correspondant à l'électrode M.

Voici, en effet, quelques-uns des chiffres qui ont été obtenus :

1° *Solutions de chlorures métalliques avec électrode impolarisable de mercure recouvert de calomel.*

a. Les *chlorures de potassium et de sodium* nous ont donné les résultats suivants :

Concentration des solu- de KCL	0,077	0,0077	0,052	0,0052	0,0264
Différences de potentiel apparentes, en v.	0,200	0,251	0,209	0,259	0,223
Concentration des solution de Na Cl	0,065		0,026		0,00154
Différences de potentiel apparentes, en v.	0,204		0,222		0,261

D'où il résulte que, si l'on porte en abscisses les logarithmes décimaux des concentrations et en ordonnées les différences de potentiel mesurées, les points figuratifs de ces deux sels se placent sur une même droite.

b. Avec HCl, LiCl, NH^4Cl, $CuCl^2$, $CdCl^2$, les points obtenus se placent sur la droite précédente, ou ne s'en écartent que d'une quantité qui est de l'ordre des erreurs d'expérience.

Exemples :

Solutions de HCl : concentrations.	0,10	0,0456	0,057	0,00227
Différences de potentiel mesurées, en v	0,189	0,208	0,204	0,278
Points de même abscisse sur la courbe de KCl et NaCl, en v.	0,194	0,211	0,208	0,276
Solutions de $CdCl^2$: concentrations.	0,010	0,005		
Différences de potentiel trouvées, en v	0,238	0,260		
Ordonnées correspondantes de la courbe KCl	0,244	0,259		

2° *Solutions de sels d'argent avec électrodes d'argent.*

J'ai obtenu en particulier.

Avec		volt.
0,0045	NO^3Ag	0,506
0,0044	CO^3Ag	0,506
0,0047	SO^4Ag^2	0,508

D'autre part, une solution saturée d'oxyde d'argent donne 0,438 v. Si la loi formulée est exacte, on trouve par extrapolation sur la courbe relative aux sels d'argent, que la concentration en AgOH de la solution saturée doit être $1{,}9 \times 10^{-4}$. Or l'application des procédés analytiques ordinaires ou de diverses autres méthodes physico-chimiques conduit précisément à des valeurs du même ordre [1].

3° Des mesures effectuées sur SO^4Cu, $CuCl^2$, $(NO^3)^2Cu$ *avec électrode de cuivre*, sur SO^4Zn, $(CH^3CO^2)^2Zn$ *avec électrode de zinc*, sur SO^4Cd, $CdCl^2$ *avec électrode de cadmium*, ont donné des résultats analogues.

Nous pouvons donc conclure de là que la différence de potentiel apparente fournie par des électrodes réversibles ne dépend que de la nature de ces électrodes, résultat qui n'est pas sans analogie avec celui qu'avait obtenu M. Bouty dès 1880, dans l'examen thermo-électrique de divers contacts réversibles *métal|électrolyte*.

Dès lors, si la différence de potentiel vraie L|M peut, conformément à la théorie de Nernst, se représenter par une expression de la forme

$$L \,|\, M = \frac{RT}{\varepsilon p} \log c + \text{const.},$$

il faut admettre que la différence de potentiel vraie *air*|

[1] *Tables annuelles de constantes et données numériques*, p. 380

électrolyte est, au moins pour les solutions diluées et au degré de précision de nos expériences, indépendante de la nature et de la concentration de l'électrolyte.

Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu, par M. E.-J. Brunswick. — Pour déterminer l'excitation nécessaire à l'obtention d'une différence de potentiel aux bornes, avec un débit donné, à une vitesse imposée, j'opère ainsi.

Je suppose que les caractéristiques partielles du flux en fonction des forces magnétomotrices, et relatives aux divers éléments du circuit magnétique, ont été déterminées (voy. Picou, *Bulletin Soc. Int. Elect.*, 1902).

Je distingue la *zone active*, comprenant l'entrefer et l'induit, où interfèrent le flux émis par la pièce polaire et le flux global de réaction d'induit ; le flux qui en résulte engendre la f. é. m. induite ; c'est le flux utile en charge :

$$E_c = U_c + r_A I_{Aq},$$

où U_c est la différence de potentiel aux bornes pour le courant I_{Aq}, et $r_A I_{Aq}$ la chute ohmique dans l'induit.

La f. é. m. induite en charge est maximum suivant la direction de la zone de variation d'induction nulle. Le flux utile $\mathfrak{F}_c$ est dirigé à $\frac{\pi}{2}$ sur la f. é. m. E_c.

Le flux de réaction $\mathfrak{F}_1$ est orienté suivant le plan de calage des balais, soit comme la f. é. m. induite, à un petit angle φ près négligeable et représentant l'avance des balais sur la zone de variation d'induction nulle (exigée par la commutation).

Le flux de réaction $\mathfrak{F}_1$ se calcule ou se détermine par expérience. Le flux utile $\mathfrak{F}_c$, proportionnel à la f. é. m. E_c induite, se calcule simplement.

Les positions relatives des vecteurs étant définies, le diagramme des flux est déterminé ; la résultante $\mathfrak{F}_r$ est égale au flux émanant, en charge, du pôle dans la zone active.

Le flux total engendré par l'excitation des bobines inductrices se développe dans l'inducteur. Il se partage entre la zone active et les dérivations propres à l'inducteur.

Il convient aussi de distinguer les effets magnétiques dus à l'excitation des inducteurs et à l'enroulement d'induit.

J'envisage ainsi deux diagrammes distincts : l'un, relatif aux flux en présence dans la zone active ; l'autre, relatif aux forces magnétomotrices.

Le flux résultant dans la zone active exige une excitation qu'on lira sur la caractéristique partielle de la zone active, pour l'entrefer seul. Il faut y ajouter l'excitation pour le flux utile d'induction dans le *fer* (denture et culasse).

La partie rectiligne de la caractéristique partielle de la zone active (entrefer, denture, culasse d'induit), et son prolongement, correspondent à l'entrefer seul, en négligeant, tant qu'il n'y a pas de saturation, l'excitation pour la partie *fer* de cette zone.

Dans la région saturée, la différence des abscisses entre la partie rectiligne « entrefer » et la partie curviligne représente l'excitation pour le fer ; cette approximation, suffisante, fixe l'excitation exigée pour développer le flux utile qui seul traverse la partie « fer ».

Le courant circulant dans l'induit y détermine une excitation qu'on décompose : 1° en une partie correspondant aux ampères-tours induits compris dans le double du décalage ou « réaction démagnétisante », arithmétiquement en opposition avec l'excitation principale des inducteurs ; 2° en une réaction transversale, due au reste de l'enroulement induit ; sa direction moyenne est à $\frac{\pi}{2}$ sur celle de l'excitation principale des inducteurs.

L'excitation nécessaire à la production du flux résultant dans la zone active doit en tenir compte, en affectant vectoriellement la réaction transversale d'un coefficient de réduction approprié.

A la résultante géométrique ainsi obtenue, j'ajoute la réaction démagnétisante, et j'obtiens l'*excitation totale* nécessaire à l'induction pour avoir le flux résultant, en charge, *sous la pièce polaire*.

Cette force magnétomotrice entraîne la production d'un flux dérivé, propre à l'inducteur.

L'excitation nécessitée par l'inducteur seul se relève sur la caractéristique partielle de celui-ci, pour la somme du flux total (émanant de la pièce polaire) et du flux dérivé.

L'*excitation totale* résultante à réaliser sur les inducteurs est égale à la somme de ces excitations.

Un procédé inverse permet de déterminer expérimentalement, sur une machine de proportions connues, par un essai en court circuit, le flux de réaction pour une intensité donnée.

J'obtiens ainsi, sans calculs laborieux, en partant des dimensions de la machine, et par une comparaison simple, le flux de réaction d'un induit quelconque pour un débit donné.

La méthode pourrait s'appliquer aux alternateurs.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 5 mars 1913.

M. Grosselin, président, fait part de la décision prise par le Bureau et le Comité de présenter M. Blondel comme Président d'Honneur de la Société. Il annonce que les électriciens anglais doivent rendre visite à leurs collègues français du 21 au 24 mai ; il y aura à cette occasion des communications et des discussions techniques, des visites de centrales, un banquet et des excursions à Chantilly et à Versailles.

1° **Compte rendu des travaux des sections**, par M. Grosselin. — Les derniers résultats obtenus par M. Bureau dans ses essais sur les toiles isolantes ont été communiqués à la première section; ces résultats ont doté le Laboratoire d'une méthode d'essai applicable aux isolants divers. M. Bureau fera part de son travail dans une prochaine séance.

La première section a adopté le rapport établi par la sous-commission de cartographie; ce rapport sera transmis au Ministère des Travaux Publics par M. Brylinski.

La première section a également adopté le rapport sur la terminologie; M. Brunswick a pris une part particulièrement active à l'établissement de ces deux rapports.

M. Léauté a fait part à la section présidée par M. Broca d'une communication sur les circuits à étincelles à propos des phénomènes de pseudo-résonance indiqués par M. Claude.

La section de Traction a reçu de M. Parodi des renseignements rapportés récemment d'Amérique sur l'exploitation électrique des chemins de fer; la comparaison entre la traction en courant alternatif simple et la traction en courant continu est particulièrement suggestive.

2° **Présentation d'un fac-simile du téléphone original de Graham Bell**, par M. Planchon. — C'est le 7 mars 1876 que fut pris par Graham Bell un brevet relatif à la télégraphie des courants ondulatoires et dans lequel était décrit le premier téléphone; cet appareil, dont l'original se trouve au musée de la Western Electric C° et dont une reproduction est offerte à la Société par M. Planchon, se composait d'un tube métallique servant de pavillon dont le fond était constitué par une membrane en baudruche au centre de laquelle était fixée, par une vis et un petit bouchon de liège, l'extrémité de l'armature d'un électro-aimant; l'autre extrémité de l'armature était articulée en un point fixe. Graham Bell réunissait deux appareils de ce type en série avec des éléments de pile; l'un des tubes à membrane servait d'émetteur, l'autre de récepteur; ce dispositif, expérimenté pour la première fois en juillet 1875, n'était pas très sensible. Graham Bell l'améliora notablement en remplaçant la baudruche et l'armature mobile par une lame de fer.

3° **Sur la traction à courant alternatif simple** (*suite*), par M. Marius Latour. — M. Latour revient sur la nécessité de réduire au minimum la surface frottante : on reproche en effet aux moteurs à courant alternatif simple une consommation de balais qui pourrait atteindre 100 fois celle en continu ! M. Latour croit néanmoins qu'il est possible d'obtenir des moteurs acceptables, car ce sont les balais, et non les collecteurs, qui sont attaqués (M. Léonard); la combinaison en un même moteur des connexions résistantes et du champ diphasé semble devoir être avantageuse.

Réglage de la vitesse. — Ce réglage de la vitesse peut s'obtenir de trois façons :

1° Réglage de la vitesse du moteur série en modifiant la tension appliquée au moyen d'un transformateur à prises variables ;

2° Réglage du moteur à répulsion et changement du sens de rotation par décalage des balais; ceci supprime l'appareillage, mais provoque l'inconvénient de fonctionner aux faibles vitesses avec une tension trop forte; le moteur marche alors avec un flux et un courant trop grand pour le couple obtenu. On peut atténuer cela en appliquant d'abord au moteur la moitié de la tension jusqu'à une certaine vitesse.

Un avantage du moteur à répulsion est de pouvoir être bobiné directement à haute tension: par exemple à 10 000 volts pour 750 kw.

Certaines règles sont à suivre pour obtenir la commutation parfaite au synchronisme : enroulement sinusoïdal du stator, multiplicité des courts-circuits avec pas fractionnel sur le rotor, ceci afin d'obtenir une distribution sinusoïdale des ampèretours; ces précautions n'étant pas prises en général actuellement (moteur Déri), le moteur série est provisoirement le meilleur moteur.

3° Emploi des régulateurs d'induction supprimant tout appareillage; on a cherché à ajouter à une tension constante E une tension variable de 0 à $\pm E'$: on peut ainsi aller de $E - E'$ à $E + E'$ d'une façon continue et le rapport de la puissance du régulateur à celle du moteur est $\frac{E}{E+E'}$, soit par exemple $\frac{1}{4}$ pour $E' = \frac{E}{3}$; avec un régulateur de 0,25 de la puissance, on fait varier la tension de 1 à 2.

Le régulateur employé avec les moteurs à courant alternatif simple comprend un circuit fixe et un circuit mobile dont l'induction mutuelle peut aller de 0 à un maximum; un enroulement en court-circuit sur la partie fixe et en quadrature dans l'espace avec l'enroulement fixe primaire fait écran par rapport à l'enroulement mobile et enlève sa self; si l'enroulement primaire est en tambour, il est inutile d'avoir un enroulement spécial formant écran; de simples courts-circuits disposés sur le primaire normalement à la ligne d'alimentation suffisent.

Récupération. — M. Latour rappelle qu'après avoir poursuivi la récupération, comme jadis l'amélioration du cos φ, on semble tendre à y renoncer; la question est cependant très étudiée en Suisse, car elle est certainement importante pour les régions montagneuses; la seule économie sur les sabots de frein n'est pas négligeable.

M. Latour examine surtout la récupération dans le cas du moteur série à réaction d'induit compensée et met de côté la marche en génératrice série en série avec le réseau et avec insertion de bobines de self: ce procédé donne un cos φ déplorable et procure aux alternateurs une chute de tension énorme.

Un moteur série à réaction d'induit compensée étant branché avec excitation séparée sur un réseau de différence de potentiel en sin ωt, le moteur doit donner en génératrice une f. é. m. également en sin ωt: le flux doit donc être en sin ωt et par conséquent la tension alimen-

tant l'excitation (self) doit être en cos ωt, c'est-à-dire être déphasée de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à la tension d'alimentation. Cette tension décalée peut être obtenue au moyen d'un régulateur d'induction constitué par un moteur à cage d'écureuil avec deux enroulements statoriques décalés de $\frac{\pi}{2}$, ou encore au moyen d'une machine à collecteur auxiliaire dont l'excitation serait alimentée par une tension en sin ωt.

Ces machines sont peu importantes, la puissance magnétisante du moteur étant d'ordre de 0,1 fois la puissance active pour des moteurs à grande vitesse, à petit entrefer, etc. L'inconvénient est que le réglage fait pour la marche à vide ne convient plus en charge, car la chute de tension dépend, non seulement de la résistance, mais encore, et surtout, de la self due aux fuites entre induit et compensation ; ceci empêche la mise en charge.

M. Latour indique trop rapidement comment l'emploi d'un transformateur série permet de contrebalancer la f. é. m. de fuites et procure la marche en récupération avec $\cos\varphi = 1$.

M. Latour rappelle les procédés de compoundage des alternateurs permettant la régulation de la tension (Boucherot, Latour, etc.). Il indique les dispositifs remédiant aux perturbations télégraphiques et téléphoniques, propose le court-circuitage des harmoniques par circuits de résonance et montre que les alternateurs à collecteur donnent une f. é. m. sinusoïdale.

M. Latour passe ensuite en revue les systèmes qui se montrent actuellement à l'horizon :

a. Conversion du courant alternatif simple en diphasé sur la locomotive (par un moteur à cage tournant librement) pour l'alimentation de la seconde phase d'un moteur diphasé (Alexanderson) ;

b. Adaptation du système Ward-Léonard : un moteur à courant alternatif simple entraine une génératrice à courant continu qui alimente les moteurs, tout le réglage se faisant par la tension alimentant l'excitation de la génératrice. M. Latour pense que le moteur d'induction serait remplacé avec avantage par un moteur shunt à collecteur qui permettrait d'énormes surcharges; les moteurs synchrones employés parfois pouvaient se décrocher. Dans ce système, la fréquence pourrait être quelconque, de 15 à 42 p:sec., et le moteur pourrait être directement à haute tension.

M. *Schombourger*, rappelant les dispositifs employés pour compenser la f. é. m. induite par effet transformateur dans les sections en commutation du moteur série, indique un procédé de compensation de cette f. é. m. par action statique d'un champ proportionnel au carré du courant : ceci s'obtient en alimentant l'enroulement de commutation par une excitatrice excitée par le courant principal et de vitesse proportionnelle à ce courant. Cette excitatrice peut être remplacée par le moteur d'un ventilateur, moteur série alimenté par le courant principal, la tension d'alimentation de l'enroulement principal étant alors prise aux bornes de ce moteur ou de ses enroulements de charge.

4° Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets, par M. de Recklinghausen. — Les lampes en quartz à mercure utilisées dans les appareils de stérilisation de l'eau doivent produire beaucoup d'ultra-violet et avoir une durée assez longue.

Afin d'obtenir un bon effet bactériologique, la circulation de l'eau doit se faire avec un certain brassage et aucune partie de l'eau ne doit être trop éloignée de la source d'ultra-violet. La lampe adoptée actuellement a la forme d'un pistolet et se compose d'un tube recourbé par son milieu ; chaque branche du tube a environ 16 cm de longueur, soit 32 cm de longueur d'arc utile pour une lampe de 500 volts, 3 ampères. La lampe est protégée soigneusement contre le refroidissement afin de maintenir une production économique d'ultra-violet ; pour cela, la lampe est placée dans un tube en quartz de 45 à 50 mm de diamètre, lequel est introduit dans la conduite d'eau ; la lampe est allumée au dehors par basculage puis poussée dans le tube ; le stérilisateur est muni d'un clapet automatique qui se ferme en cas d'interruption du courant.

L'action bactéricide de cet appareil est 11 fois plus grande que celle d'anciens appareils à 110 volts, bien que la consommation soit seulement deux fois plus grande. Un appareil double consommant environ 2 kw, permet de traiter par jour 1600 à 2000 mètres cubes d'eau de rivière filtrée en faisant tomber le nombre de germes par cm^3 de 56 à 2,5 ou 3.

Au point de vue de la durée économiqne, on n'a pas constaté de changement dans le rayonnement ultra-violet après 1500 heures de marche dans une première installation ; d'autre part, une lampe d'essai a conservé son rayonnement ultra-violet après 3000 heures. La durée des lampes est très grande si l'on évite les surtensions.

On vérifie la production en ultra-violet au moyen de papier Solio Kodak qui est 4 fois plus sensible aux rayons ultra-violets qu'aux autres rayons de l'arc à mercure.

Les électrodes de la lampe sont encombrantes ; ceci tient à ce qu'il faut enlever beaucoup de chaleur aux électrodes ; il est possible de les refroidir par l'eau avec une disposition spéciale des tubes.

Pour obtenir des résultats constants il faut opérer sur de l'eau claire ; une filtration préalable est donc nécessaire. Cette condition s'applique d'ailleurs à tous les systèmes de stérilisation.

M. *Berthelot* présente quelques observations historiques ; il rappelle entre autres que la découverte du redressement des courants alternatifs par l'arc au mercure est due à Jamin et Manœuvrier (1882). Le pouvoir bactéricide de la lumière solaire, dû au violet et à l'ultra-violet est bien connu depuis 1878, ainsi que la transparence de l'eau pour l'ultra-violet (M. Soret).

M. Charles Lambert avait proposé le 10 juillet 1895, à

propos d'un concours ouvert par la Ville de Paris, la stérilisation des eaux de rivière par la lumière de lampes à arc; il indiquait l'action de l'ultra-violet, son absorption par le verre, la préférence à accorder au cristal de roche et l'utilité de filtrer les eaux préalablement.

Une discussion, portant sur l'efficacité de la stérilisation par les lampes à mercure, sur les méthodes de contrôle de cette efficacité et sur la durée des lampes, s'engage entre MM. Berthelot, Broca, de Recklinghausen et Maurice Leblanc fils. M. Latour indique que l'antériorité Jamin-Manœuvrier est bien connue des spécialistes et des agents de brevets. P. G.

REVUE DE LA PRESSE

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

La répartition des lampes à incandescence aux États-Unis. — Le rapporteur de la « National Electric Light Association » donne quelques chiffres intéressant la répartition des lampes à incandescence aux États-Unis. Le nombre approximatif des lampes installées est de 89 millions se répartissant de la façon suivante :

	1907.	1909.	1911.
Lampes à filament charbon, en centièmes	93,3	69	52,9
Lampes à filament métallisé, en centièmes	5,9	15,1	19
Lampe Tantale, en centièmes	0,7	2,1	2,7
Lampe Wolfram, en centièmes	0,1	15,8	25,4

M. A.

ÉLECTROCHIMIE

L'industrie électro-chimique en Norvège. — D'après l'*Electrical Review* du 1er novembre 1912, l'industrie électro-chimique en Norvège est en plein développement. Les usines à nickel de Christiansand, dans lesquelles le nickel est obtenu électriquement par le procédé Hybinette, ont produit en 1911 285 tonnes de nickel et 80 tonnes de cuivre. Ces usines sont construites en vue d'une production ultérieure de 600 tonnes de nickel et 80 tonnes de cuivre. La Norvège a exporté en 1911 60595 tonnes de carbure de calcium et 15172 tonnes de cyanamide contre 4250 tonnes en 1910. L'exportation comprit en outre 5745 tonnes de ferro-silicium, 46575 tonnes de zinc obtenu électriquement et 1019 tonnes d'aluminium. Les usines de cyanamide ont été reprises par une société anglaise ayant l'intention de pousser la production annuelle jusqu'à 73000 tonnes (la cyanamide de calcium est un engrais azoté de formule $CaCAz^2$ et est obtenue avec du carbure de calcium). Les usines de carbure d'Alby ont également porté leur production à 80000 tonnes dont 56000 furent achetées par la Cyanamide Cie à fin de traitement ultérieur. Les usines de carbure reçoivent actuellement 15000 kw de la centrale de la Tysselaldene Co. La puissance prise sera prochainement portée à 40000 kw. Le district de Notodden possède trois usines pour la fabrication du salpêtre, du carbure et de l'acier électrique, disposant d'une puissance de 50000 kw. Des projets en cours d'étude prévoient l'utilisation de chutes plus considérables encore. La construction des stations et transports d'énergie nécessaires exigera une dépense de plusieurs millions de couronnes.

Ce développement industriel de la Norvège est signalé par les consuls anglais aux industriels de la Grande-Bretagne afin que ceux-ci s'appliquent à y écouler leurs machines. (*Electrical World*, 12 octobre 1912.) M. A.

ÉLECTROTHERMIE

Cuisine et chauffage électriques. — Le professeur Niethammer, étudiant ce sujet, montre qu'avec un prix du courant bon marché la cuisine et le chauffage électrique peuvent soutenir la comparaison avec n'importe quel autre système. Il établit ses calculs en partant d'un prix de base de 25 centimes par kilowatt-heure, de 15 centimes par mètre cube de gaz et de 1,90 fr par 100 kg de charbon. D'après l'auteur, des tarifs appropriés livrant le courant aux consommateurs à des prix suffisamment bas pendant la matinée permettraient aux usines génératrices de réaliser d'importants bénéfices. (*E. K. B.*, n° 36, 1912.) M. A.

INSTALLATIONS

L'économie des machines des mines de charbon. — Le docteur Ilgner, dans un article à ce sujet, critique l'opinion couramment répandue jusqu'ici chez les possesseurs des mines de charbon que « la houille extraite ne *coûte* rien », opinion abandonnée actuellement qui avait donné naissance à la concurrence entre la commande électrique et la commande à vapeur dans les mines. L'étude économique du convertisseur à volant et des pompes centrifuges commandées électriquement ne doit pas comprendre la seule comparaison des chiffres de consommation avec les machines correspondantes à vapeur mais doit en outre tenir compte de la répercussion de ces machines sur l'économie de l'ensemble de la mine. Il importe de considérer en premier lieu, l'installation des chaudières. Il est clair en effet qu'une ancienne batterie Cornwall produira la vapeur à un prix plus élevé que les chaudières tubulaires modernes. Il s'en suivra que le prix de revient de la vapeur dans la mine ne dépendra pas uniquement du prix du charbon sur place. C'est la raison pour laquelle les installations de chaudières tubulaires du type Stirling se multiplient de plus en plus. On peut y obtenir une énergie de 1 kw-h par kilogramme de charbon brûlé de 7 à 8000 calories.

L'auteur examine le moyen d'améliorer les anciennes batteries de chaudières ou machines d'extraction par l'utilisation de la vapeur d'échappement. D'après lui la comparaison économique des commandes électriques et à vapeur est faite souvent en partant de bases inexactes. Comme une station centrale est toujours nécessaire pour l'alimentation de la station des pompes et des machines auxiliaires au jour, il est toujours avantageux de commander en outre le compresseur électriquement, car l'augmentation de puissance de la turbine de la centrale entraine une diminution de la consommation de vapeur. Ses frais d'installation ne sont pas considérablement accrus, tandis que les dépenses de service et autres restent sensiblement les mêmes. La même remarque s'applique à la commande des machines d'extraction; dans ce cas l'avantage du volant d'éviter les à-coups de puissance à la centrale doit être pris en considération. Il est plus économique de laisser tourner à vide pendant les pauses un volant compensateur que de faire supporter les variations de puissance qu'entraine une machine d'extraction non équilibrée par la station centrale. Il est également peu économique de commander la machine d'extraction par une machine à vapeur spéciale.

La tendance des possesseurs des mines de charbon s'est orientée dans ces dernières années vers l'établissement de puissantes stations centrales. (*Mont. Rundschau*, sept., 1912.) M. A.

La commande électrique des machines à coudre. — La commande électrique des machines à coudre s'est généralisée dans plusieurs villes d'Allemagne, et notamment à Strasbourg. Le locataire paie pour l'installation et l'usage d'un moteur triphasé de 1/16 de cheval un droit de 2,50 à 3 francs par mois, le moteur et la canalisation deviennent sa propriété au bout de 5 ans. L'énergie tarifée au compteur est vendue à raison de 24 centimes le kw-h.; le droit de location du compteur est de 30 centimes par mois.

Les ouvrières consomment pour 12 centimes par jour, de sorte que le gain annuel rapporté à l'usine par 100 moteurs est de 5600 francs environ, pour une dépense d'installation de 14000 francs environ. La commande électrique se traduit pour l'ouvrière par un gain de temps du tiers; le travail est en outre plus régulier. Le moteur peut être placé au-dessous de la table de la machine. Sa vitesse est réglée par un appareil tendeur de courroie. (*E. T. Z.*, n° 37, 1912.) M. A.

Commande des machines d'extraction par moteurs triphasés à collecteur. — M. Jauzen vient de décrire les installations de machines d'extraction à commande par moteurs à courant triphasé à collecteur exécutées par les usines Siemens-Schuckert.

La machine de Bartensleben doit remonter deux wagonnets de sel pesant chacun 1600 kg d'une profondeur de 500 m à la vitesse de 8 mètres à la seconde. La machine d'extraction est surélevée de 3,60 m, les appareils auxiliaires ainsi que les transformateurs sont installés au rez-de-chaussée formant sous-sol. Les bobines peuvent recevoir 560 m de câble. Un frein de sûreté agit sur la couronne de freinage des bobines; deux moitiés extérieures sont formées par les roues dentées de deux engrenages commandant l'arbre principal, d'un rapport de réduction de 1 : 9,67. Les sabots des freins de sûreté sont commandés par un contre-poids, maintenu en équilibre par un servo-moteur; les freins entrent en action lorsque l'accouplement entre le tambour du câble et le moteur principal vient à se rompre, ou à la volonté du machiniste. Le frein de manœuvre est commandé par les dispositifs à vis sans fin rencontrés d'ordinaire.

La machine est actionnée actuellement par un moteur d'une puissance de 280 kilowatts en marche continue, à la vitesse maxima de 370 tours par minute. Deux autres moteurs semblables sont prévus pour renforcer le premier ultérieurement. Avec 20 pôles, la vitesse de synchronisme est de 300 t:min. Les moteurs sont alimentés sous la tension de 95 volts, obtenue directement aux bornes des transformateurs à huile auto-refroidisseurs, alimentés à 15000 volts à leurs bornes primaires. Les manœuvres de couplage ou d'arrêt, exécutées sur la basse tension portent par suite sur des intensités atteignant 800 ampères. Ces manœuvres sont faites à l'aide d'interrupteurs à huile à commande par électros depuis le poste du machiniste. Le circuit secondaire des transformateurs comprend, en outre du commutateur du stator, une résistance de freinage et l'interrupteur du moteur maintenant le contre-poids du frein de sécurité. Tous les appareils auxiliaires sont alimentés par un petit transformateur à 220 volts.

Le réglage du moteur est obtenu par le déplacement de balais mobiles, soit à la main, soit par l'intermédiaire d'un servo-moteur et d'huile sous pression. L'arrêt et le changement de marche sont commandés par le commutateur du stator, en liaison avec le levier de manœuvre mobile dans deux plans perpendiculaires l'un à l'autre.

La machine est pourvue de tous les dispositifs de freinage des machines équipées d'après le système Ilgner. L'expérience a montré que la souplesse du moteur triphasé à collecteur est aussi grande que celle de ce dernier système; en particulier les balais mobiles ne donnent pas d'étincelles. Les usines Siemens-Schuckert ont également livré à la mine Rosenberg une machine d'extraction pour 1000 kg de charge utile, commandée par un moteur de 100 kilowatts à caractéristique série et à double jeu de balais mobiles, alimenté sous la tension de 120 volts. La vitesse de synchronisme est de 500 t:min. et la vitesse maxima de 588 t:min. La consommation d'énergie correspondant à un cheval-heure effectif au puits est de de 1,4 kilowatt, pour une profondeur d'extraction de 282 mètres. (*E. K. B.*, n° 23, 1912.) M. A.

TRACTION ÉLECTRIQUE

L'électrification du tramway Butte-Annaconda et Pacific en courant continu 2400 volts. — La ligne, d'une longueur de 50 kilomètres, sert principalement au transport de minerais de cuivre et transporte 5 000 000 de tonnes annuellement par trains de 3400 tonnes remorqués à 25 km à l'heure sur des pentes de 1 pour 100. Les locomotives de la General Electric C° pèsent 70 tonnes; elles sont actionnées chacune par quatre moteurs à pôles auxiliaires deux par deux en série. Les circuits auxiliaires sont alimentés à 600 volts par un convertisseur. Les locomotives des trains de voyageurs, analogues à celles des trains de marchandises, atteignent une vitesse de 75 km par heure. Les deux sous-stations d'alimentation contiennent des moteurs générateurs synchrones de 1000 kilowatts dont les dynamos sont montées deux par deux en série; ces dynamos sont à pôles auxiliaires et pôles de compensation. Les moteurs synchrones des convertisseurs sont branchés sur un réseau à 2300 volts, 60 p : sec., alimenté lui-même par la ligne à 1 000 000 volts de la Great-Falls Power C°. (*General El. Review*, août 1912.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

443 385. — **Société anonyme des Brevets et Procédés Claret et Vuilleumier.** — *Résistance électrique* (12 juillet 1911).

443 443. — **Compagnie de chauffage et de nettoyage par l'électricité.** — *Perfectionnements aux interrupteurs automatiques* (6 mai 1912).

443 450. — **Peyrot.** — *Commutateur électrique avec ressorts en spirale* (6 mai 1912).

15 819/440 074. — **Buisset et Augustin.** — *Système de poteau métallique démontable pour lignes électriques aériennes* (23 avril 1912).

443 461. — **Grammont et Routin.** — *Pince pour la fabrication des filaments métalliques des lampes électriques* (13 juillet 1911).

443 616. — **Gott.** — *Mode de transmission de signaux électriques par câbles sous-marins* (9 mai 1912).

443 725. — **Erskine-Murray.** — *Perfectionnements dans la transmission des signaux par télégraphie sans fil* (11 mai 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

72713. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 511. 10 Avril 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Résultats d'exploitation du chemin de fer à courant alternatif de Parme. — Réception à Washington d'ondes de la tour Eiffel. — La T. S. F. et les aurores boréales. — Les stations municipales en Allemagne. — A propos des abonnements à forfait. — Éclairage des parties mobiles des machines-outils. — Emploi du tantale au lieu du platine. — Pose des câbles sous-marins. — Les avantages de la cuisson électrique. — L'éclairage au pétrole et à l'électricité. — Un nouveau compteur pour tramways. 145

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Agen. Belmont. Douille. Launoy. Pontivy. 148

Du rôle des antennes horizontales en radiotélégraphie, par **Paul Jégou** 149

Le calcul des machines à courant alternatif (*suite*) 151

Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique (*suite et fin*) **H. Marchand** 153

Comparaison entre les accumulateurs fer-nickel et les accumulateurs au plomb. **P. P.** 156

Commande directe des machines d'extraction en courant triphasé par moteurs à collecteurs. **M. A.** 158

Académie des sciences. — *Séance du 27 janvier 1913* : Sur un procédé de mesure de grandes résistances polarisables et son application à la résistance de bulles dans un liquide, par **P. Vaillant**. — Mesure de l'énergie d'une radiation ultra-violette émise par un arc au mercure, par **Marcel Boll** 162

Séance du 3 février 1913 : Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire, par **Paul Jégou** 164

Revue de la presse. — *Appareillage* : Interrupteurs à isolement constant pour courants de faible intensité. — *Mesures* : Mesures sur les câbles à haute tension. Appareils de tableau pour stations centrales. Utilisation du galvanomètre comme électromètre. — *Installations* : Procédés d'amplification des effets des courants faibles. — Compensateur de déphasage. — *Transformateurs* : Transformateur de courant triphasé en courant alternatif simple de fréquence triple. Prix des pertes dans les transformateurs. 165

Brevets d'invention 168

INFORMATIONS

Résultats d'exploitation du chemin de fer à courant alternatif de Parme. — Les voitures automotrices assurant le service à l'intérieur de la ville sont équipées chacune de deux moteurs à répulsion type Déri, d'une puissance de 15 à 20 kilowatts, à 420-500 tours par minute, alimentés par du courant alternatif, 25 périodes par seconde, 400 volts. Ces moteurs possèdent un jeu de balais fixes et un jeu de balais mobiles dont le décalage est réalisé mécaniquement. Leur facteur de puissance moyen est de 0,92 à pleine charge et leur rendement moyen de 0,88. Le trafic interurbain est assuré actuellement par 30 voitures automotrices à 36 places susceptibles d'une vitesse de 15 à 18 km à l'heure (rapport d'engrenages 1 : 4,4). Le poids d'une voiture varie de 8,5 à 9,5 tonnes; celui du moteur varie de 950 à 1120 kg.

On utilise actuellement pour le service de la banlieue 10 voitures automotrices pourvues de moteurs à caractéristique série des usines Siemens-Schuckert. La vitesse maxima de ces voitures est de 65 km à l'heure. L'alimentation est faite à 4000 volts, par une suspension caténaire. L'énergie provient d'une station centrale à vapeur comprenant deux unités de 850 kilowatts. Le matériel roulant comprend également deux locomotives pour trains de marchandises de 60 voitures de 8 tonnes. Les résultats d'exploitation sont les suivants. La consommation d'énergie par tonne-kilomètre à l'intérieur de la ville (moteur Déri) est 50,5 watts-heure contre 40 watts-heure pour les moteurs Siemens-Schuckert du service extérieur. Le facteur de puissance moyen pour les vitesses comprises entre 18 et 28 km à l'heure varie entre 0,82 et 0,89; le rendement est en moyenne de 85 pour 100. Les frais de production du courant de la station centrale s'élèvent en moyenne à 7,5 centimes par kilowatt-heure; la consommation de combustible est de 4 kg d'anthracite anglais par kilowatt-heure. Les frais d'entretien de la ligne pendant la première année ne furent que de 8800 fr. En 1911 la quantité d'énergie produite fut de 127 millions de kw-h, le nombre de km parcourus en ville de 790000 et hors ville de 570000 km. (*Assoc. electrot. Italiania*, vol XVI, n° 9.) M. A.

Réception à Washington d'ondes de la tour Eiffel. — D'après *The Electrician* le matin du 31 décembre, la station de télégraphie sans-fil de Washington a reçu le signal horaire de la tour Eiffel. Le télégraphiste de cette station mit immédiatement son appareil en accord avec la station de la tour et essaya d'envoyer un signal à Paris, mais il n'y réussit pas; son appel ne fut pas reçu à Paris, quoique la puissance de la station américaine soit plus grande que celle de la station de la tour. Depuis cette époque, le poste de la tour a pu entendre les signaux de Washington. F. L.

La télégraphie sans fil et les aurores boréales. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 24 octobre.) — On a constaté que pendant les fortes aurores boréales, il est presque impossible à la station de télégraphie sans fil du Spitzberg de communiquer avec la station correspondante d'Ingo, située près de Hammerfest. Ce fait semble donc confirmer la théorie de Birkeland que les aurores boréales sont des phénomènes électriques.

Les stations centrales municipales en Allemagne. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 6 février.) — M. G. Siegel, ingénieur diplômé, a fait à Berlin une conférence sur ce sujet.

Au commencement de 1913, il y avait en Allemagne environ 3000 stations centrales, desservant 13000 localités qui comptaient 44 millions d'habitants. Au commencement de 1911, la puissance totale des usines centrales était de 1,2 million de kw. Le capital engagé, pour les installations complètes, peut être estimé à 3,37 milliards de francs.

On peut évaluer à 187,5 millions de francs la valeur des terrains occupés, à 431 millions les dépenses de construction des bâtiments ; à 537 millions le prix de revient des machines motrices, à 270 millions celui des machines électriques, à 1125 millions celui des réseaux de distribution et transformateurs et à 137 millions celui des compteurs :

Il y a eu environ un demi-million d'hommes employés lors de la construction des stations et ceux-ci ont touché des salaires s'élevant à un milliard. On a dépensé pour 352,5 millions de francs de cuivre, pour 150 millions de plomb, pour 411 millions de fer, et pour 37,5 millions de jute

En 1910, on a dépensé, dans l'exploitation des stations centrales, environ 60 millions de francs pour les traitements et salaires et environ 45 millions de francs de charbon.

L'énergie consommée pour l'éclairage en 1910 a été de 350 millions de kw-h, la puissance des moteurs de traction desservis par les stations centrales était de 0,418 million de chevaux. — Le conférencier s'est ensuite occupé de la question de l'exploitation des centrales par des sociétés particulières ou par les corporations (municipalités).

Pour répondre à cette question, il est important de tenir compte du fait que, pour les stations centrales de Berlin et de Strasbourg, qui appartiennent à des sociétés, la consommation d'énergie correspond à 57 kw-h par tête d'habitant, tandis que pour les stations centrales de Breslau, Cologne, Dresde, Francfort, Munich et Leipzig, qui sont entre les mains des municipalités, elle ne correspond qu'à 28,5 kw-h.

Le conférencier est d'avis que les corporations (municipalités) ont bien le droit et le devoir de s'occuper de la construction et de l'installation des stations centrales, des conditions de fourniture de l'énergie, mais qu'il est préférable de laisser autant que possible la plus grande liberté à l'initiative privée.

F. L.

A propos des abonnements à forfait. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 9 janvier.) — Au sujet d'une discussion à propos de nouveaux tarifs que vient d'inaugurer la ville de Potsdam, pour la vente de l'énergie électrique, M. Norbert-Schulz donne les renseignements suivants sur les conditions de vente de l'énergie électrique à Christiania.

Il avait le 1er septembre 1912, sur le réseau de la centrale de Christiania 17 277 abonnés habitant dans 4000 maisons, sur 7000 que compte la ville.

Ces abonnés se répartissaient comme il suit :

A forfait sans appareils de contrôle.	6 584
A forfait avec limiteurs de courant	5 905
A forfait avec limiteurs de courant et compteurs	676
Au compteur	4 112
Total.	17 277

Il n'y a que les abonnés de moins de 300 watts qui aient des abonnements à forfait sans appareils de contrôle. On ne consent des abonnements à forfait, avec limiteurs de courant seulement, ou avec limiteurs et compteurs, que chez les particuliers.

Il y a donc environ 75 pour 100 des abonnés avec forfait. La puissance des installations des petits abonnés à forfait, sans appareils de contrôle, est vérifiée de temps en temps par des inspecteurs; du 1er janvier au 31 septembre 1912, on a visité 2195 installations avec une puissance installée de 365 kw; chez 496 de ces abonnés, c'est-à-dire 22,6 pour 100, la puissance installée était de 4 pour 100 trop élevée, dans 209 installations la puissance était en moyenne 1,3 pour 100, trop faible. En moyenne la puissance installée chez les 2195 abonnés visités était de 3,2 pour 100 supérieure à celle des contrats.

Comme les limiteurs sont réglés pour agir quand la puissance fixée au contrat est dépassée de 5 pour 100, on peut considerer le résultat de l'inspection comme satisfaisant. La puissance installée était en moyenne de 167 watts; il s'agissait donc de petits abonnés pour lesquels la dépense d'un limiteur de tension serait relativement considérable.

Il est intéressant de remarquer que la centrale dessert actuellement 64 maisons ouvrières avec petits logements, auxquelles elle fournit l'énergie « en bloc » et que 14 autres maisons seront prochainement desservies.

Dans les 64 maisons ouvrières, il y a 1776 logements et 104 limiteurs de courant. Il y a en tout une puissance de 121 kw, au prix annuel d'environ 34 000 francs. De chacun de ces clients (maison) la station reçoit annuellement 512 francs, tandis que l'on aurait eu, en ayant comme abonnés les logements séparés, seulement 19 francs par an. Les contrats sont passés avec les propriétaires de maisons et les logements sont ordinairement loués avec lumière. Le système donne des résultats excellents, à la grande satisfaction de tous les intéressés. Afin de faciliter encore son application, on est en train d'envisager la possibilité d'admettre des rabais atteignant 10 pour 100, dans certains cas.

D'après les données statistiques, il y a à Christiania.

114	maisons avec plus de	30	logements.
483	—	20	—
1115	—	15	—
1817	—	10	—

On doit donc compter sur une augmentation rapide des abonnements « en bloc ».

M. Norbert-Schulz conclut que l'on ne doit pas gêner les petits abonnés avec des limiteurs de tension : du reste à Christiania le nombre des abonnés sans limiteurs croît constamment, tandis que celui des abonnés avec limiteurs est resté depuis quelques années à peu près stationnaire. F. L.

Éclairage des parties mobiles des machines-outils. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 9 janvier.) — Une machine à fraiser était éclairée par des lampes à incandescence suspendues à des cordons souples, mais comme l'ombre de la tête mobile de la machine venait faire à certains moments ombre sur la pièce à travailler, l'ouvrier eut l'idée de fixer une lampe au moyen d'un fort ruban d'acier maintenu par des vis à la tête de la machine ; il eut ainsi un éclairage permanent sans ombre de la pièce à travailler. La lampe supporte très bien les chocs auxquels elle est soumise, dans le mouvement d'avancement et surtout de recul de la partie mobile de la fraiseuse. F. L.

Emploi du tantale au lieu du platine. — On emploie souvent au lieu de platine du verre de quartz insensible à tous les acides sauf à l'acide fluorhydrique, ainsi qu'aux plus fortes variations de température. L'inconvénient du verre de quartz est d'être fragile et mauvais conducteur de la chaleur. On

recourt alors à un alliage de 90 parties d'or et 10 parties de platine qui n'est inférieur au platine que sous le rapport du point de fusion. Plus dur que l'or, cet alliage est aussi plus difficile à travailler que l'or ou le platine; cette circonstance fait que les ustensiles ou les outils établis avec lui sont un tiers meilleur marché seulement que ceux établis en platine pur.

La Société Siemens et Halske offre actuellement le tantale en remplacement du platine au prix de 2,50 fr le gramme. Le tantale se comporte comme un métal précieux aux températures inférieures à 200° C. pour lesquelles il n'est pas attaqué par l'oxygène de l'air, les acides ou l'eau régale, à l'exception des acides très concentrés. Le tantale résiste également aux alcalis dissous, mais est attaqué par les bases à leur point de fusion. Le tantale chauffé dans l'air s'oxyde à une température inférieure au rouge-cerise et brûle aux températures supérieures en donnant comme résidu de l'oxyde de tantale blanc. On peut le chauffer dans le vide jusqu'au rouge blanc.

Brunk, au laboratoire de chimie de l'école des mines de Freiberg en Saxe, a employé avec succès des électrodes de tantale au lieu d'électrodes de platine à l'électrolyse de sels métalliques de toutes natures. D'après ses résultats le tantale peut toujours remplacer le platine pour constituer la cathode et peut le remplacer sous certaines conditions pour constituer l'anode. Pendant l'électrolyse de sels métalliques, l'anode de tantale se recouvre en effet très vite, et avant qu'un dépôt métallique appréciable se soit formé sur la cathode, d'une couche dure d'oxyde de tantale de couleur bleu foncé, mauvaise conductrice de l'électricité et empêchant le passage du courant. Cette couche d'oxyde est insoluble dans tous les acides et dans l'eau régale; elle ne peut être éliminée que par grattage. Il s'en suit qu'on doit le plus souvent employer comme anode un fil de tantale recouvert de platine.

Les dépôts métalliques formés sur la cathode de tantale sont facilement solubles dans les acides et l'électrode réapparaît parfaitement propre.

L'avantage du tantale sur le platine est qu'il se recourbe moins facilement à épaisseur égale. Comme d'autre part le prix du gramme est de 40 pour 100 meilleur marché que celui du gramme de platine et que son poids spécifique n'est que de 16,6 contre 21,48 pour le platine l'emploi d'électrodes de tantale permet une sérieuse économie.

Le tantale peut être employé également pour l'électrolyse des alcalis sans subir aucune attaque. (*Chemiker Zeitung*, 19 octobre 1912.) M. A.

Pose des câbles sous-marins. — Le principal facteur à considérer pour l'étude d'une ligne de télégraphie par câble sous-marin est la distance des points à relier. Des longueurs de ligne supérieures à 5000 km peuvent être considérées comme exagérées dans l'état actuel de la technique. La vitesse de transmission maxima susceptible d'être atteinte est inversement proportionnelle au produit de la capacité par la résistance du câble, c'est-à-dire, pour un type de câble donné, au carré de sa longueur. Le prix du câble est proportionnel à sa longueur; comme d'autre part les charges d'amortissement du capital constituent la partie la plus importante des dépenses d'exploitation, il s'en suit que le rendement économique d'un câble sous-marin varie en raison inverse du cube de la longueur. Les lignes trop longues auront donc un mauvais rendement économique et devront être scindées en plusieurs tronçons dont la détermination devra être très étudiée. Le parcours du câble ne sera envisagé qu'après que tous les points précédents auront été bien établis.

Les travaux préliminaires les plus importants sont la fixation des emplacements des stations de télégraphie et des points de départ et d'arrivée, ainsi qu'une exécution parfaite des soudures. Celles-ci, faites à la machine Lucas, sont disposées à des intervalles variant entre 10 et 25 milles marins sur une ligne en zig-zag coupée en son milieu par le parcours envisagé pour le câble. Il est important de faire des sondages et des mesures de la température du fond.

Le câble est soumis pendant sa pose à une surveillance mécanique et électrique ininterrompue. Le tambour à câble porte un compteur indiquant la longeur posée. Cette longueur est toujours supérieure à celle parcourue par le navire. L'excédent est dû principalement aux inégalités du fond. On envisageait autrefois une perte de 10 à 15 pour 100 qu'on réduit aujourd'hui de 6 à 8 pour 100 par la soudure préliminaire qui permet d'éviter les passages défavorables dans la mesure du possible. Une perte de p pour 100 implique une augmentation des dépenses de p pour 100, ainsi qu'une diminution de la vitesse de $2\ p$ pour 100.

La vitesse moyenne de pose est d'environ 13 km à l'heure. (*E. T. Z.*, n° 37 et 38, 1912.) M. A.

Les avantages de la cuisson électrique. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 21 novembre.) — M. J.-D.-A. Cross, de Chicago, a constaté, à la suite de nombreuses expériences, que si l'on fait rôtir ou cuire à l'étouffée un gigot de mouton de 4,1 kg, quand on emploie l'électricité, la perte de poids est d'environ 0,7 kg plus faible que quand on fait usage de gaz ou de charbon.

D'un ensemble d'essais faits par M. K. B. Matthews, en Angleterre, il ressort que quand on fait cuire de la viande au moyen de gaz ou de charbon, elle perd de 25 à 35 pour 100 de son poids, tandis que quand on emploie l'électricité, la perte n'est que 10 à 20 pour 100. D'après les tableaux dressés par M. Matthews, pour avoir un rôti de mouton pesant 4,08 kg, il faut prendre 4,65 kg de viande fraîche, dans le cas de cuisson électrique, 5,51 kg dans le cas de cuisson au charbon et 5,68 kg, dans le cas de cuisson au gaz. F. L.

L'éclairage au pétrole et à l'électricité. — M. Singer a procédé à des essais sur le coût de l'éclairage au pétrole dans le laboratoire des usines d'électricité de Francfort.

Il a employé des lampes à bec rond de 10, 15 et 20 lignes avec champignon et réflecteur.

Il a constaté que la consommation spécifique par bougie ne dépend pas de la qualité du pétrole, il a trouvé une moyenne de 3,16 grammes de pétrole par bougie Hefner-heure avec du pétrole raffiné de poids spécifique 0,77 (revenant en Allemagne à 37,5 centimes le litre) et de 3,15 grammes avec du pétrole américain de poids spécifique 0,79 (revenant en Allemagne à 25 centimes le litre); certaines lampes dépensent moins de pétrole de qualité inférieure, mais les lampes donnent une odeur désagréable et la mèche charbonne plus. Les premières mesures photométriques n'ont jamais eu lieu moins d'une demi-heure après l'allumage et on mesurait l'intensité lumineuse dans le plan horizontal à mi-hauteur de la flamme. On peut donc admettre une consommation spécifique 3,2 g de pétrole par bougie Hefner, ce qui concorde du reste avec les essais de l'Institut impérial physico-technique allemand.

M. Singer fait la comparaison entre l'éclairage électrique et l'éclairage au pétrole, en Allemagne; en admettant un prix de revient de 56 centimes pour le kw, il trouve que l'éclairage au pétrole est considérablement plus cher que l'éclairage à l'électricité.

Pour la France, en admettant que le prix du pétrole est de 50 à 60 centimes le litre, et que celui-ci pèse 780 grammes par litre, la dépense est de 0,2 à 0,26 centime par bougie-heure.

Pour une lampe à incandescence à filament métallique, consommant au plus 1,1 watt par bougie Hefner, le prix de la bougie-heure est de 0,066 à 0,08 centime (le kw-h coûtant de 60 à 75 centimes), c'est-à-dire 3 fois moindre qu'avec le pétrole. F. L.

Un nouveau compteur pour tramways. (*Electric Railway Journal*, 28 décembre 1912.) — La « General Electric Company » a récemment présenté sur le marché un type nouveau de compteur conçu en vue de son utilisation sur les voitures de tramways. Il est prévu pour la mesure de l'énergie dépensée par les conducteurs.

La partie rotative de ce compteur ou induit est un vase en cuivre embouti, monté sur un arbre, maintenu par un anneau en saphir, son extrémité terminée par un saphir à la partie supérieure étant également guidée par une partie annulaire en saphir. Le saphir porteur inférieur est fixé au fond d'un

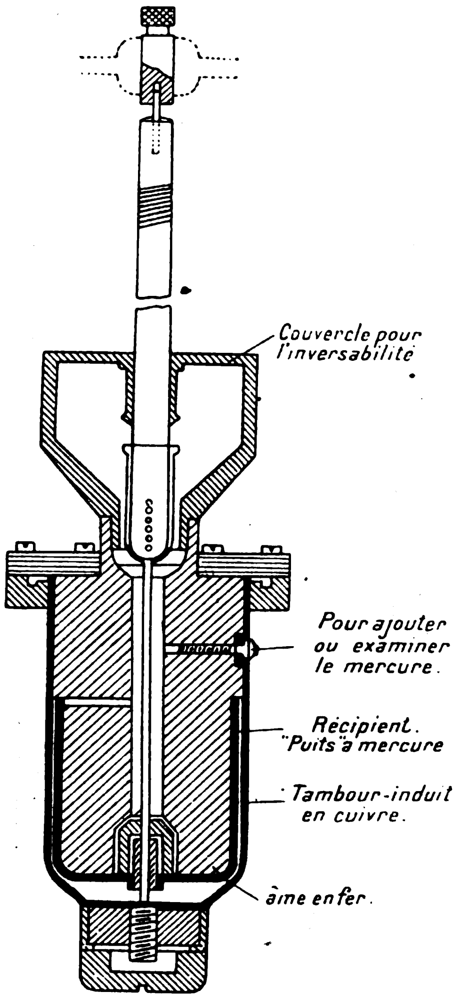


Fig. 1.

récipient qui est utilisé comme cuve contenant de l'armature rotative et du mercure dans lequel on l'a immergé. Cette immersion supprime les difficultés rencontrées pour la commutation, usure des contacts, étincelles au collecteur, etc. De plus la partie mobile étant partiellement supportée par le mercure se trouve allégée de ce fait et les frottements sur les pivots sont très faibles. Le noyau des bobines de potentiel, en contact avec les côtés opposés du « puits » à mercure et avec le noyau central, forme un circuit magnétique complet à l'exception des deux rainures dans lesquelles se fait la rotation de l'induit. Les bouts du shunt plongent dans le mercure, mais, celui-ci ayant une résistance plus élevée que celle du cuivre et l'intérieur du « puits » étant émaillé, le courant passe du mercure à l'induit en cuivre, puis le long de celui-ci et ressort par le mercure et l'autre extrémité. L'induit en cuivre, étant mobile, forme conducteur du courant dans le champ magnétique, il se trouve repoussé par le champ, et sa vitesse de rotation est proportionnelle à la réaction. Dans ces conditions, la rotation est proportionnelle à l'énergie du circuit et peut être étalonnée en watts. Le cadran a une grande surface circulaire, avec une aiguille qui fait un tour par 100 kw, chaque division correspondant à 1 kw. Il y a aussi trois petits cadrans, avec des aiguilles dont la révolution s'effectue respectivement à raison de 1000, 10 000 et 100 000 kw et servent comme totalisateurs

La partie supérieure du récipient est pourvu d'un couvercle qui empêche le déversement du mercure lorsque le compteur penche. Un disque monté sur l'arbre et tournant dans le champ d'aimants permanents est utilisé pour le réglage du compteur.

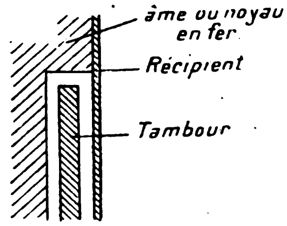


Fig. 2.

Le compteur est de robuste construction, toutes ses parties ont été prévues pour subir, sans dommages, les vibrations accidentelles ou régulières éprouvées par les voitures en service. Afin d'assurer complètement l'appareil contre tout court-circuit, les parties conduisant le courant sont particulièrement bien isolées, les conducteurs de polarités différentes soigneusement éloignés entre eux ainsi que de la masse et de la cage du compteur, et enfin un essai à haute tension (5000 v) pendant une minute est fait comme dernière garantie. Les conducteurs sont prévus de section suffisante pour être soumis sans dommage à un courant double de celui prévu pendant 10 minutes, triple pour 5 minutes et de 5 à 10 fois pendant quelques secondes.

La cage, faite avec un alliage d'aluminium, est polie, pour éviter la poussière, et ajustée sur le fond.

— On annonce que notre confrère *L'Eclairage électrique* vient d'être racheté par la maison Giros et Loucheur dont les entreprises sont universellement connues aujourd'hui.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Agen (Lot-et-Garonne). — *Distribution d'énergie.* — M. Vaudel, ingénieur, a déposé une demande de concession pour la distribution de l'énergie électrique dans la commune.

Belmont (Loire). — *Distribution d'énergie.* — La municipalité a émis un avis favorable à la proposition de M. Ducotté, ingénieur-électricien à Lyon, qui a déposé une demande de de concession pour la fourniture de l'énergie électrique.

Douelle (Lot). — *Éclairage.* — M. Bonal, usinier à Cessac, est chargé de l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Launoy (Nord). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a décidé la mise à l'enquête du projet d'éclairage électrique.

Pontivy (Morbihan). — *Installation.* — La municipalité est en pourparlers avec la Compagnie franco-belge pour l'installation de l'électricité dans cette ville.

DU ROLE DES ANTENNES HORIZONTALES

SYMÉTRIQUES OU DISSYMÉTRIQUES, BASSES OU ÉLEVÉES EN RADIOTÉLÉGRAPHIE

Jusqu'en 1900 environ l'antenne utilisée en T. S. F. correspond sensiblement, comme forme, à sa définition théorique qui peut s'énoncer ainsi : conducteurs élevés sensiblement suivant la verticale, isolés sur toute leur hauteur et suspendus en leur sommet par un support isolant qui retient l'antenne à l'extrémité d'un mât ou d'un édifice élevé. Sous cette forme l'antenne est évidemment symétrique et on vérifie expérimentalement que son pouvoir radiateur et collecteur est parfaitement uniforme pour toutes les directions. C'est d'ailleurs la propriété générale des antennes en prismes, pyramides droites ou renversées, en parapluies, qui jusqu'à cette époque furent les seules formes utilisées.

Cependant sur les navires on ne dut pas tarder à reconnaître qu'une forme d'antenne très pratique et de rendement élevé consistait à tendre un ou plusieurs fils entre les deux mâts et à relier cette partie horizontale par un ou plusieurs fils verticaux aux appareils radiotélégraphiques du bord. Ce fut même là, croyons-nous,

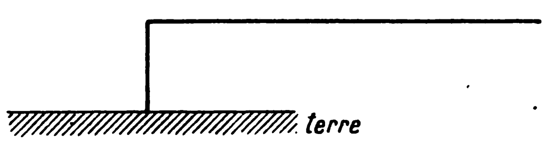


Fig. 1.

la première forme d'antennes dissymétriques qui fut utilisée. Elle se compose donc de deux branches distinctes formant : l'une, nappe horizontale, et l'autre, nappe verticale ; cette dernière pouvant être connectée à la nappe horizontale soit en son milieu (antenne symétrique), soit en des points sensiblement voisins de ses extrémités (antenne dissymétrique), et les mâts des navires ayant une hauteur notable, cette forme d'antenne constitue comme un type de l'antenne *horizontale symétrique* ou *dissymétrique élevée* que nous avons l'intention d'étudier à cause des propriétés intéressantes qu'elle possède.

Dès 1902 en effet, M. Garcia et le commandant Ferrié reconnaissaient dans l'antenne dissymétrique (fig. 1) un effet directeur des ondes, ayant observé que, en munissant respectivement une émission et une réception d'antennes parfaitement dissymétriques, réalisant somme toute une sorte d'antenne recourbée dont la partie horizontale était sensiblement plus longue que la branche verticale, le récepteur captait un maximum d'énergie quand les antennes étaient orientées suivant un même plan en opposant leurs extrémités libres, tandis que l'effet était minimum au contraire quand ces mêmes antennes avaient leurs extrémités libres dirigées l'une vers l'autre, correspondant à une rotation respective de 180° des deux antennes. Pour les diverses positions intermédiaires, les effets étaient plus ou moins accentués suivant une loi que des expériences concluantes de Marconi firent ressortir nettement et dont il communiqua les résultats en 1905 à la Royal Society.

Voici d'ailleurs résumées les mesures que Marconi reporta sur des graphiques qui font ressortir l'importance

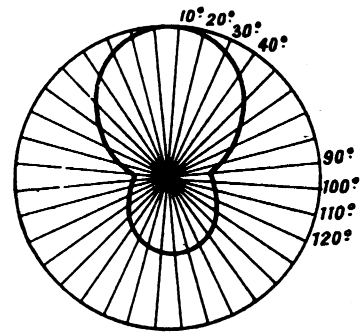


Fig. 2.

de l'effet directeur quand on étudie l'intensité du champ hertzien dans les différents azimuths de l'antenne horizontale dissymétrique au moyen d'un thermo-galvanomètre de Duddell mesurant en micro-ampères le courant dans l'antenne réceptrice pour chaque direction.

1° Étude du rayonnement d'une antenne d'émission

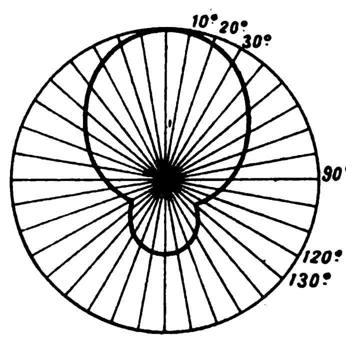


Fig. 3.

recourbée comprenant une branche verticale de 20 m et une branche horizontale de 150 m.

La graphique (fig. 2) met en évidence un maximum de concentration du champ hertzien dans la direction opposée à l'extrémité libre de l'antenne avec deux positions symétriques, inclinées de 100° environ sur cette orientation maximum, pour lesquelles le rayonnement est très affaibli. On constate l'existence d'un second maximum nettement moins important pour la direction directement opposée à l'orientation de la branche horizontale.

2° Étude de l'effet collecteur d'une antenne recourbée ayant sensiblement même forme et mêmes dimensions que l'antenne ci-dessus.

Le graphique (fig. 3) montre que dans ce cas l'effet de direction est beaucoup plus important que pour l'émission : il y a en effet un maximum énergique lorsque l'antenne est dirigée horizontalement en sens opposé de la direction du poste d'émission, avec deux minimum, plus nets que dans le cas précédent, pour les mêmes inclinaisons symétriques de l'antenne par rapport à cette orientation maximum. Quant au second maximum pour

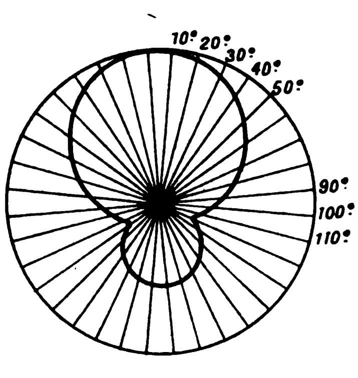


Fig. 4.

la direction inverse de l'antenne, il est très peu accentué et n'est qu'une fraction minime de l'effet directeur maximum.

De ces propriétés on ne sera pas surpris que Marconi ait pu tirer quelques résultats d'expériences assez frappants : Par exemple en déduire un renseignement sur

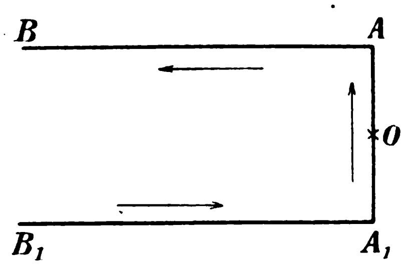


Fig. 5.

l'orientation générale d'un poste d'émission; par exemple aussi éliminer l'interférence des signaux de deux postes travaillant avec la même longueur d'onde, quand ces postes forment avec le poste récepteur des angles notables, environ 50° d'après les rapports de M. Marconi.

3° Effet de concentration du champ quand le transmetteur et le récepteur sont respectivement munis d'antennes recourbées.

Le graphique, dans ce cas (fig. 4), est sensiblement de même forme que le graphique 3 si on convient de définir comme direction 0° celle qui correspond à la situation des deux antennes dans le même plan avec leurs extrémités libres dirigées en sens opposé.

L'effet de concentration n'est donc guère plus énergique que dans le cas où on utilise l'antenne recourbée à la réception seule; malgré cela l'effet est net, c'est celui que M. Garcia et le commandant Ferrié avaient observé dès 1902.

En résumé l'antenne recourbée, c'est-à-dire *dissymétrique, horizontale* et *haute* présente un effet directeur des ondes qui, s'il est insuffisant pour pouvoir fournir une méthode de détermination du relèvement ou de la direction d'un poste, peut être intéressant pour concentrer le rayonnement d'une station dans un secteur donné. C'est ce que Marconi a réalisé, comme on le sait, dans ses postes puissants transatlantiques de Clifden et de Glace Bay dont les antennes sont constituées par une nappe verticale de 60 m de hauteur prolongée par une nappe horizontale de 300 m de longueur dirigée en sens opposé de la ligne de fonction des deux postes. Les études que Marconi a entreprises sur cette forme d'antenne et l'application éclatante qu'il en a fait, font que cette catégorie d'antennes porte le nom d'antennes courbées de Marconi.

Les effets que nous venons de faire ressortir peuvent être expliqués, du moins qualitativement, par une démonstration physique, simple et frappante que M. Fleming en a donnée. On sait que l'étude de l'antenne avec sa liaison au sol peut être facilitée par la considération de l'antenne-image qui n'est autre qu'une seconde antenne symétrique de la première par rapport à la terre. Dans le cas d'une antenne courbée, c'est donc une antenne de la forme indiquée figure 5 que l'on doit considérer, laquelle peut être regardée comme équivalente à l'ensemble représenté figure 6 où la branche BB_1 ajoutée

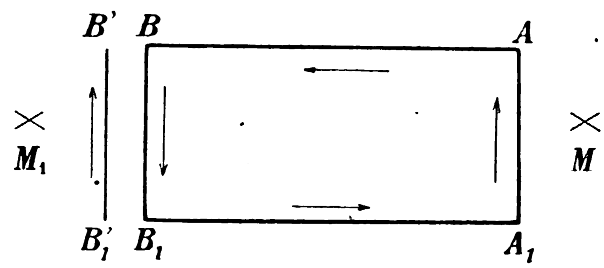


Fig. 6.

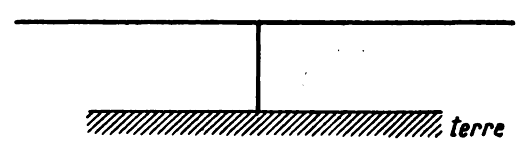


Fig. 7.

pour achever le rectangle a son effet détruit par l'antenne rectiligne voisine B' B_1' qui est supposée être traversée par des courants égaux et de sens opposé à ceux qui circulent dans la branche voisine B B_1. Si donc on considère un point M de l'espace et un autre point M_1 situés tous les deux dans le même plan mais symétriquement placés par rapport à l'antenne rectiligne, il est facile de se rendre compte que le champ H du cadre et le champ *h* de l'antenne rectiligne s'ajoutent en M tandis qu'ils se retranchent en M_1. Ce qui démontre la concentration du champ en sens inverse de l'orientation de la partie horizontale de l'antenne.

Il importe de signaler en outre que ces effets directeurs sont d'autant plus nets que le rapport de la branche verticale à la branche horizontale est plus petit, c'est donc dire que l'antenne *horizontale dissymétrique* tendue au *ras du sol* doit présenter des effets de concentration encore plus accentués que ceux que nous avons indiqués pour l'antenne tendue à niveau assez élevé au-dessus du sol. Marconi relata en effet qu'un fil horizontal de 250 m de long posé sur le sol dans la direction de Poldhu a permis de recevoir ses signaux à 500 km de distance quand l'extrémité libre du conducteur était orientée vers Poldhu. Aucun signal n'était reçu pour une direction du fil inclinée de plus de 35° sur la direction de Poldhu.

Quant aux propriétés de l'*antenne symétrique basse* ou *élevée* telle qu'elle est représentée schématiquement figure 7, les expériences montrent que l'effet directeur

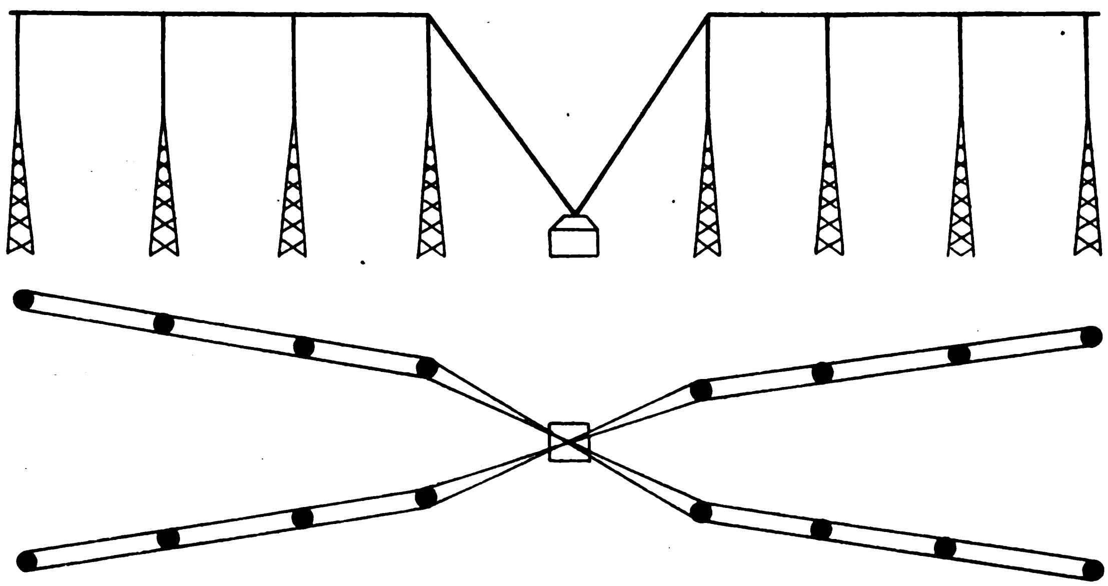


Fig. 8.

disparaît en grande partie. Elle présente l'intérêt de permettre la réalisation d'antennes à grande longueur d'ondes sans exiger des supports élevés. C'est cette propriété que Marconi a mis à profit dans la réalisation des antennes de ses deux dernières grandes stations de Coltano (Italie) et Massaouah (Érythrée), lesquelles ont sensiblement la forme indiquée figure 8.

(*A suivre.*) PAUL JÉGOU.

LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(SUITE) (¹)

APPAREILS DIVERS A SELF-INDUCTANCE CONSTANTE. — Nous ne ferons que mentionner en passant quelques-unes des applications de la self-inductance sans entrer dans les détails de réalisation.

Les bobines de self-inductance peuvent servir, comme on le sait, à faciliter le démarrage des moteurs monophasés. Un moteur diphasé auquel on adjoint une résistance dans une des phases et une bobine de self dans l'autre, et que l'on place sur une différence de potentiel alternative simple, peut démarrer à vide sans coup de pouce.

Une bobine de self-inductance et une capacité électrolytique sont encore plus efficaces pour l'obtention de ce résultat.

En combinant des bobines de self et des capacités, on peut réaliser des ensembles jouissant de propriétés curieuses, au moins au point de vue théorique, dont il est question dans tous les cours d'électrotechnique.

Une bobine de self et un condensateur de même réac-

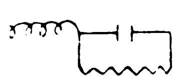


Fig. 63.

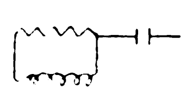


Fig. 64.

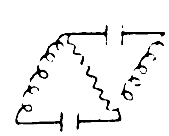


Fig. 65.

tance étant placés en série (fig. 63) sur une différence de potentiel constante, on peut obtenir dans un circuit branché en dérivation sur la capacité, une intensité dont la valeur est indépendante de la résistance apparente dans ce circuit. Il peut y avoir dans ce circuit de la

(¹) Conférences de M. BOUCHEROT. Voy. *L'Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov. 1912, p. 485; n° 502 du 25 nov., p. 514; n° 504 du 25 déc., p. 555; n° 505 du 10 janvier 1913, p. 9; n° 506 du 25 janvier 1913, p. 28, n° 508 du 25 février 1913, p. 83.

résistance, de la self-inductance, de la capacité, de la mutuelle inductance en quantité quelconque, l'intensité reste constante théoriquement.

Les résistances des condensateurs et self étant égales et de signes contraires, on peut les substituer l'une à l'autre comme dans la figure 64.

Une autre disposition (fig. 65) donne encore le même résultat : on groupe deux selfs et deux capacités de même réactance suivant un quadrilatère. Si la tension est main-

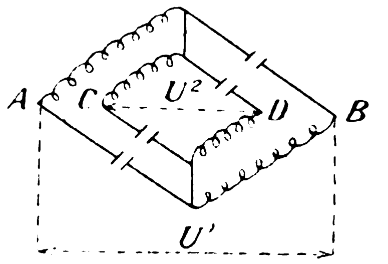


Fig. 66.

tenue constante entre deux sommets opposés, l'intensité est constante entre les deux autres.

Les réciproques sont également vraies. Avec ces trois dispositions on peut au moyen d'un courant constant obtenir une différence de potentiel constante.

Enfin en réunissant ensemble deux quelconques des dispositifs en question, par exemple, tel que celui de la figure 65, on peut transformer une tension constante en une autre également constante de valeur différente, tout comme le fait un transformateur. Dans la figure 66 par exemple, le rapport de la tension entre C et D à la tension entre A et B est constant. On peut de même obtenir un rapport constant entre deux intensités.

Le couplage des alternateurs en tension n'est pas très intéressant industriellement, étant donné la facilité avec laquelle on modifie la tension des courants alternatifs, mais il peut être très intéressant, au point de vue théorique, d'avoir une solution de ce problème. Or, remarquons que, dans l'une quelconque des dispositions des figures 63, 64, 65, l'intensité constante est décalée de 90° sur la différence de potentiel constante. En faisant une double transformation de la tension constante en intensité constante, puis, d'intensité constante en tension constante, on peut donc obtenir que la nouvelle tension constante soit en phase ou à 180° de la première. Si l'on dispose les choses pour que la différence de phase soit de 180°, on peut placer ces différences de potentiel en dérivation sur deux alternateurs que l'on désire voir fonctionner en tension, et l'on obtient un montage comme celui de la figure 67, avec lequel les réactions synchronisantes des deux alternateurs sont identiques à ce qu'elles seraient si les deux alternateurs étaient en parallèle.

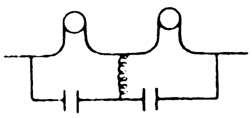


Fig. 67.

Dans cette figure 67 on pourrait encore substituer des selfs aux capacités et une capacité à la self.

Pour plus de détails voir : *Lumière électrique* du 10 septembre 1892. — *L'Industrie électrique*, 10 mars 1893.

SELF-INDUCTANCE VARIABLE PÉRIODIQUEMENT. — Lorsque la self-inductance varie périodiquement par un procédé quelconque, la pulsation étant 2ω, on peut, ainsi que nous l'avons dit aux généralités, le courant étant de pulsation ω, transformer de l'énergie électrique en énergie mécanique et vice-versa.

Deux cas sont à considérer : l'appareil est branché dans un circuit à intensité constante, ou en dérivation sur une tension constante.

1° *Alimentation à intensité constante.* — Soient $l = \lambda(\nu + \cos 2\omega t)$ la self-induction variable, et $i = \sqrt{2}\, I \sin(\omega t + \psi)$ l'intensité.

La force contre-électromotrice est : $e = \frac{d}{dt}(li)$

$$e = \sqrt{2}\,\lambda\, I\,\frac{d}{dt}\left[(\nu + \cos 2\omega t)\sin(\omega t + \psi)\right]$$

Elle est assez compliquée et comprend une harmonique en $3\omega t$.

La puissance moyenne obtenue est :

$$P = -\frac{\lambda\omega I^2}{2}\sin 2\psi$$

Elle est donc maxima pour $\psi = \frac{\pi}{4}$ et égale à $\frac{1}{2}\omega\lambda I^2$.

S'il s'agit d'un moteur, qui est nécessairement synchrone, il y a relation forcée entre la self et le courant ; si l'on dépasse cette charge, il se décroche.

2° *Alimentation à tension constante.* — La self-induction gardant la même forme ; soit $u = \sqrt{2}\, U \sin(\omega t + \theta)$ la tension aux bornes :

L'intensité est alors, en partant de $u = d\left(\frac{li}{dt}\right)$.

$$li = \int u\,dt, \qquad i = \frac{i}{l}\int u\,dt$$

d'où :

$$i = \frac{\sqrt{2}\,U}{\omega\lambda}\;\frac{\cos(\omega t + \theta)}{\nu + \cos 2\omega t}$$

et la puissance utile :

$$p = ui = \frac{U^2}{\omega\lambda}\;\frac{\sin 2(\omega t + \theta)}{\nu + \cos 2\omega t}$$

Cette forme, beaucoup plus complexe que dans le cas précédent, ne permet pas de se rendre compte rapidement de la variation de la puissance avec θ ; en l'examinant de plus près, on voit que la puissance varie encore

depuis 0 pour $\theta = 0$ jusqu'au maximum correspondant à $\theta = \frac{\pi}{4}$.

La puissance est également nulle pour $\theta = \frac{\pi}{2}$, mais cette valeur θ ne correspond pas à la marche à vide, l'équilibre est en effet instable pour toutes les valeurs de θ comprises entre $\frac{\pi}{4}$ et $\frac{\pi}{2}$; au contraire, l'équilibre est stable pour les valeurs de θ comprises entre 0 et $\frac{\pi}{2}$. Il convient en même temps de remarquer que les formules posées pour la self-inductance supposent l'origine des

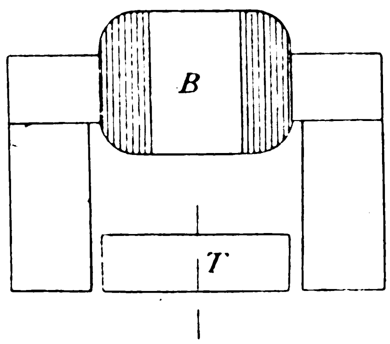


Fig. 68.

temps au moment où le fer mobile est dans la direction des pôles [$t=0$, $l=\lambda$ $(\nu+1)$ max.]

Pour se rendre compte de la valeur maxima de la puissance disponible, il faut alors donner à ν une valeur

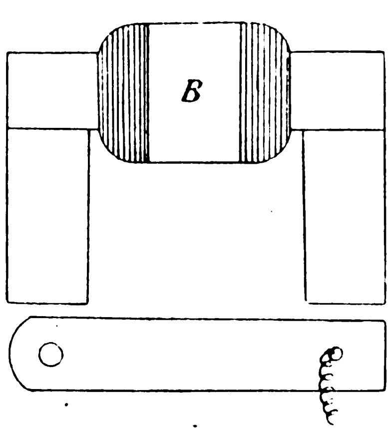


Fig. 69.

déterminée, tracer la courbe de la puissance instantanée et intégrer au planimètre.

M. Mascart a bien voulu donner le résultat l'intégration faite algébriquement et qui est:

$$P = \frac{U^2}{\omega\lambda} \sin 2\theta \left[\frac{\nu}{\sqrt{\nu^2 - 1}} - 1\right].$$

Pour donner à ν une valeur convenable, il faut examiner de plus près les dispositions pratiques pouvant être données à un tel appareil. Il pourra être constitué comme le moteur de l'ondographe Hospitalier (fig. 68) par une bobine B enroulée sur un alternofluxeur en forme de C, entre les branches duquel tournera un noyau de tôles T, avec une vitesse angulaire qui sera, par exemple, de 3000 tours par minute pour la fréquence 50. Le mouvement ainsi obtenu sera de rotation et sensiblement continu. On peut se proposer d'obtenir un mouvement alternatif en modifiant la disposition selon la figure 69.

Nous nous contenterons ici de voir ce que peut donner la disposition de la figure 68.

Lorsque le grand axe du fer mobile T est parallèle à la ligne joignant les proéminences du fer en C, la self-inductance est maxima et égale à : λ $(\nu+1)$; elle est minima à angle droit, et égale à λ $(\nu-1)$. Si la perméabilité de l'air était nulle, et l'entrefer nul également, on aurait $\nu = 1$, la self-inductance minima serait nulle, et la self-inductance maxima égale à 2λ.

Eu égard aux fuites, il faut donner à ν des valeurs supérieures à 1. Supposons $\nu = 1,5$; l'intégration donne:

$$P_{max} = 0,52 \frac{U^2}{\lambda\omega}.$$

(*A suivre.*)

LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION

ET

DE TRANSMISSION

AUX

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

(*Suite et fin*[1].)

Moteurs générateurs ([2]). — *Construction générale.* — Les groupes à deux unités — moteur et générateur — sont les plus répandus ; on trouve cependant des machines à trois unités, un moteur et deux générateurs pour les installations de distribution à trois fils. Les groupes de moins de 1000 kw sont ordinairement à trois paliers, dans un but de robustesse et pour la facilité de la ventilation. Les gros groupes sont ordinairement à deux paliers seulement ; mais des difficultés ont été rencontrées dans les opérations de maniement de ces groupes, par des centrales qui n'avaient pas l'outillage requis, et il est probable que les groupes à trois paliers, d'ailleurs à peine plus encombrants que les premiers, seront davantage employés à l'avenir.

Moteur. — Le moteur peut être un moteur synchrone ou un moteur asynchrone. Les moteurs synchrones sont ordinairement combinés pour fonctionner avec un fac-

---

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 509 du 10 mars 1913, p. 101 et n° 510 du 25 mars, p. 132.

(2) H. F. T. Erben, Substation apparatus. *General electric Review*, juin 1912, p. 371.

teur de puissance de 80 pour 100 en décalant le courant vers l'avant, de sorte que l'aptitude du réglage est grande; ils sont à champ tournant. L'inducteur est pourvu

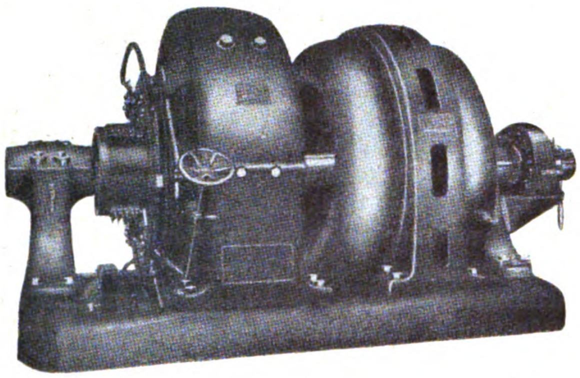


Fig. 28. — Groupe moteur synchrone-dynamo.

d'un enroulement amortisseur pour empêcher les mouvements pendulaires et pour faciliter le démarrage; il est excité le plus souvent sous une tension de 125 volts, par

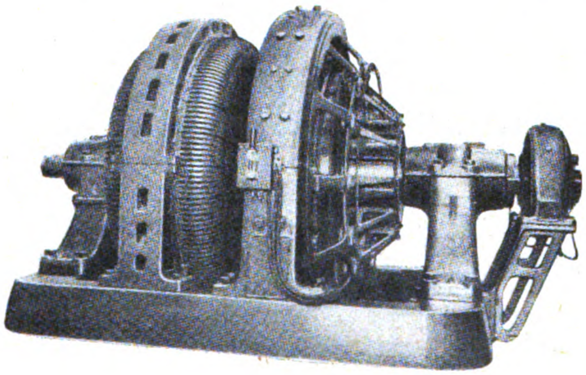


Fig. 29.

une excitatrice montée en bout d'arbre ou par une excitatrice indépendante. Les moteurs fonctionnent sous 2300, 4000, 6000, 13 200 volts (fig. 28 à 31).

Générateurs. — L'emploi des pôles de commutation est général; son avantage le plus apprécié est la bonne

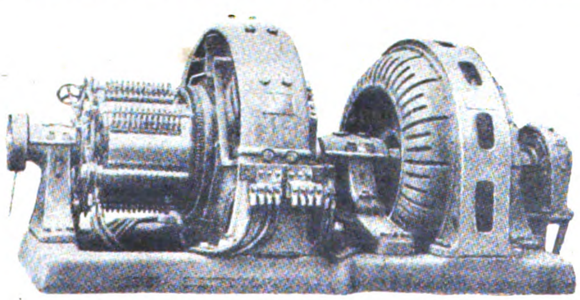


Fig. 30.

commutation aux hautes vitesses sans décalage des balais; on lui doit d'avoir pu mettre en pratique de grandes vitesses de marche.

Les vitesses communément admises aujourd'hui sont les suivantes :

500	1000	1500	2000 kw.
720	514	360	300 t : m.

Elles sont de 50 pour 100 plus élevées que celles que l'on admettait il y a une dizaine d'années, ce qui correspond à une économie appréciable de poids et d'encombrement.

Les bobines des pôles de commutation sont en cuivre méplat bobiné en hélice ou bien en cuivre coulé (fig. 32).

Les génératrices ne se différencient guère pour les

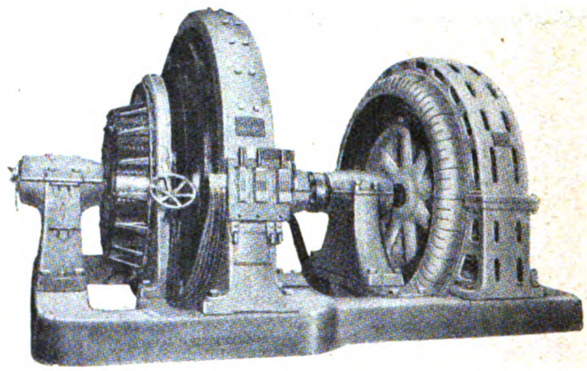


Fig. 31.

installations d'éclairage ou pour les installations de traction, si ce n'est que les premières ont ordinairement le collecteur plus large.

Les armatures sont largement ventilées, les conducteurs sont tenus en place dans les encoches, au moyen de cales de fibre ou de bois. Les armatures à enroule-

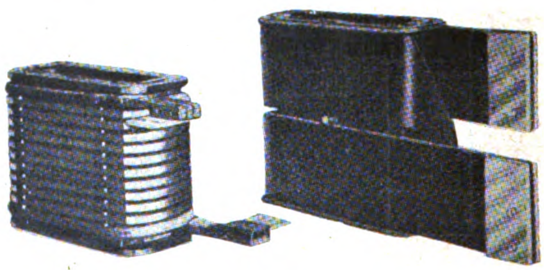


Fig. 32. — Bobines des pôles de commutation.

ments multiples sont toujours pourvues d'égalisateurs ayant pour objet une bonne commutation lorsque des inégalités se produisent entre les divers circuits magnétiques.

Les collecteurs sont de construction exceptionnellement soignée, les qualités de mica utilisées sont les qualités supérieures. On applique avec plein succès des vitesses périphériques de 1500 mètres par minute. Pour les grandes intensités, le collecteur est souvent en deux parties, et chaque partie est maintenue séparément par de forts anneaux de serrage; les deux pièces sont reliées par des connexions rigides qui font l'office d'ailettes de ventilation.

Le succès des génératrices actuelles à grande vitesse est dû partiellement aussi à la qualité des balais en usage aujourd'hui. Les balais de graphite sont spécialement recommandés pour les générateurs destinés à l'éclairage, à raison de leur conductibilité élevée, de leurs qualités inhérentes de lubréfiant; d'après des recherches récentes ils donnent les meilleurs résultats avec une densité de courant de 6,5 à 7,5 ampères par cm² au lieu de 5,5 à 6, comme on le préconisait auparavant.

En règle générale, pour l'éclairage, les génératrices sont à excitation shunt, munies de pôles de commutation. Les génératrices actuelles ont une régulation si parfaite, qu'il est à peine besoin de déplacer les balais entre la marche à vide et la pleine charge.

Les génératrices pour la traction sont hypercompound; elles doivent être conditionnées pour pouvoir supporter trois fois la charge normale pendant une période de 3 à 5 minutes.

Génératrices à haute tension. — La multiplication des installations de traction par courant continu à haute tension a conduit à l'établissement de machines fonctionnant sous une tension de 1200 à 1500 volts. Bien que les conditions à remplir fussent très rigoureuses, elles ont été satisfaites, et des génératrices à haute tension d'une puissance de 500 kw sont en fonctionnement régulier depuis

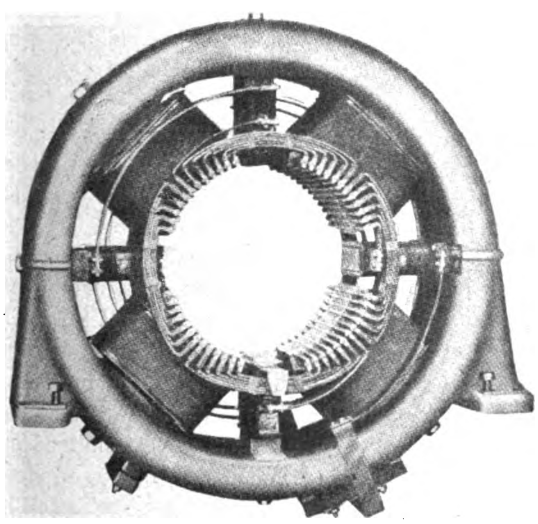


Fig. 33. — Génératrice à haute tension.

trois ou quatre ans; on pourrait en construire de plus grosses, mais la demande n'en a guère été faite.

Afin de donner à ces génératrices les aptitudes exceptionnelles qui en sont requises au point de vue de la capacité de surcharge, on les munit, indépendamment des pôles de commutation, d'un enroulement de compensation proportionné de manière à annuler pratiquement les effets de la réaction d'induit; cet enroulement est formé de grosses barres de cuivre placées dans les cannelures des pôles et est mis en série avec l'enroulement induit, l'enroulement des pôles de commutation et l'enroulement série (fig. 33).

Commutatrices. — Nous avons donné récemment les caractéristiques des commutatrices de construction américaine et indiqué quelles sont les tendances actuelles de cette construction, nous n'avons que quelques lignes à ajouter en ce qui concerne les commutatrices à haute tension [1]. Des machines de ce genre fournissant une tension de 1200 à 1600 volts ont été construites depuis quelque temps; on est arrivé sans difficulté à une puissance de 700 kw. Pour ce qui est des tensions, les conditions de commutation ne permettraient pas vraisemblablement de dépasser un maximum de 1600 volts avec une fréquence de 25 périodes par seconde; pour 1200 volts, la fréquence maxima serait de 33, et il serait difficile de construire pour la fréquence de 60 périodes, des machines à plus de 650 ou 700 volts.

Comparaison entre les différents types de convertisseurs [2]. — La commutatrice à pôles divisés n'a pas une bonne commutation aux faibles charges.

Le convertisseur synchrone ordinaire combiné avec un survolteur-dévolteur fonctionne moins bien aux fortes charges.

Appareils de réglage [3]. — La régulation de la tension est obtenue :

1. Dans le cas des groupes moteurs-générateurs synchrones ou asynchrones :

a. au moyen de survolteurs-dévolteurs shunt ou *b*. série.

2. Dans le cas des commutatrices :

a. au moyen de régulateurs d'induction;

b. au moyen de réactances;

c. en agissant sur la tension fournie par le transformateur.

On peut aussi employer avec les commutatrices des survolteurs-dévolteurs synchrones; d'autre part on construit des machines à pôles divisés ou pôles de régulation qui ne demandent aucun appareil régulateur spécial.

Les survolteurs-dévolteurs shunt, qui s'emploient sur les feeders d'éclairage, sont établis avec le plus grand souci d'une bonne commutation; la portée de réglage est généralement comprise entre 0 et 50 volts; l'excitation est indépendante et des rhéostats de charge spéciaux sont employés pour donner une régulation très uniforme.

Les survolteurs-dévolteurs série sont utilisés pour les circuits de traction, dans le but de corriger la chute de tension en ligne et de maintenir la tension constante aux points les plus éloignés de la sous-station; la caractéristique doit être approximativement une ligne droite entre la marche à vide et la pleine charge, c'est-à-dire que la tension doit varier à peu près proportionnellement à la charge.

[1] J. L. Burnham, Modern types of synchronous converters. *General electric Review*, février 1911, p. 74. — F. F. T. Erben, article cité.

[2] C. W. Stone, article cité.

[3] H. F. T. Erben, article cité.

Protection des réseaux de distribution [1]. — La mise à la terre du neutre est très efficace pour la protection des réseaux de distribution souterrains, elle protège souvent le système contre un court-circuit complet entre les phases. Les dérangements sur les câbles souterrains se produisent ordinairement sous forme de dérivation sur la gaine; lorsque le neutre est mis à la terre, ces dérangements provoquent le déclanchement du disjoncteur du feeder correspondant; dans le cas contraire, le défaut ne se manifeste pas immédiatement et s'accentue petit à petit, et, lorsqu'il se décèle, il atteint des proportions dangereuses.

Protection automatique des réseaux de distribution électrique [2]. — Lorsqu'il s'agit d'un réseau rayonnant,

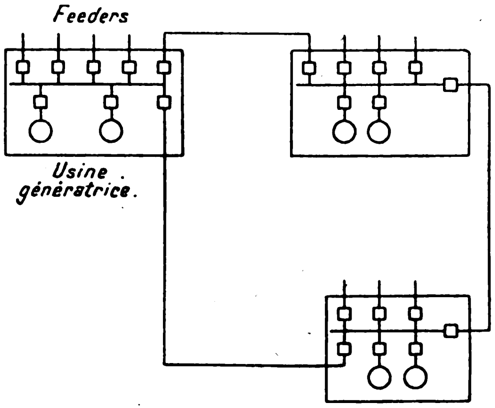


Fig. 34.

la protection automatique des circuits est facile, parce que l'on peut aisément séparer l'un quelconque de ceux-ci du reste du système sans occasionner de perturbation dans l'ensemble du service.

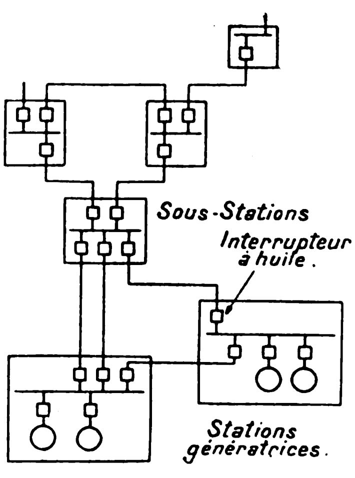


Fig. 35.

Il en est autrement avec un réseau ininterrompu; aussi, la première chose à faire dans l'établissement d'un nouveau réseau, c'est de prendre ses dispositions pour que le système soit aussi simple que possible, et puisse être protégé efficacement. Une interruption momentanée cause souvent des pertes considérables qui dépassent l'économie que l'on a pu faire sur le cuivre des canalisations en sacrifiant à la question des frais d'installation, la question de simplicité.

Dans cet ordre d'idées, on estime par exemple que pour un réseau comprenant plusieurs réserves, le mieux est de faire fonctionner chacune de celles-ci sur son propre réseau, en établissant simplement entre elles des lignes qui les mettent en quelque sorte en parallèle.

La figure 34 représente schématiquement l'agencement préconisé dans ce but, par opposition à la disposition usuelle, défectueuse, qui est celle représentée par la figure 35.

H. MARCHAND.

[1] C. W. Stone, article cité.

[2] E. M. Hewlett. Automatic protection of electrical distribution systems. *General electric Review*, juin 1912, p. 364.

COMPARAISON
ENTRE LES ACCUMULATEURS FER-NICKEL
ET LES
ACCUMULATEURS AU PLOMB

Rendements. — Le premier devoir d'un accumulateur est de restituer l'énergie qu'on lui a fournie aussi exactement que possible.

En ce sens aucun accumulateur n'est parfait; entre la charge et la décharge il y a toujours un déchet appréciable qui augmente sensiblement le prix de l'énergie utilisée.

Pour l'accumulateur au plomb, ce rendement est connu : on sait que le rendement en quantité est supérieur à 90 pour 100 et le rendement en énergie supérieur à 73 pour 100 pour la décharge en 5 heures avec charge au même régime. Ces chiffres, en effet, sont garantis par contrat, par les constructeurs, non seulement à la mise en route mais à toute époque de l'entretien forfaitaire.

Pour l'accumulateur fer-nickel aucun rendement n'a été garanti jusqu'ici, mais, des chiffres indiqués aux catalogues, on peut tirer les valeurs suivantes :

Pour la décharge en 5 heures, il est indiqué que la charge faite à la même intensité dure 7 heures.

Rendement en quantité ou en ampères-heure $\frac{5}{7} = 0{,}714$.

Quant au rendement en énergie, le tarif nous indique que pendant la décharge en 5 heures la tension moyenne aux bornes des éléments est 1,1 v et que pendant la charge la tension moyenne aux bornes d'un élément est au minimum 1,68 v.

$$\frac{5 \text{ heures} \times 1{,}1 \text{ volt}}{7 \times 1{,}68} = 0{,}46.$$

Quand on n'emploie pas directement l'énergie électrique de ses machines ou du secteur et qu'on fait usage d'accumulateurs, il faut multiplier le prix de revient de cette énergie par un coefficient qui est déterminé par la valeur du rendement en watts-heure.

Quand on utilise une batterie d'accumulateurs au plomb, il faut multiplier le prix de revient de l'énergie par 1,37.

Quand on utilise une batterie d'accumulateurs alcalins, il faut multiplier le prix de revient de l'énergie par 2,17.

Sur le nombre d'éléments. — Le type d'installation électrique le plus répandu est la charge des accumulateurs en une série sur dynamo à tension variable, avec réducteur double permettant l'éclairage à 110 volts pendant la charge.

Pour une décharge d'une durée normale de 5 heures sur la batterie seule, le nombre d'éléments à employer est égal à 110 v divisé par la tension en fin de décharge d'un élément.

Pour l'accumulateur au plomb . .	110 v : 1,81 v =	61 éléments.
Pour l'accumulateur P. Gouin . .	110 v : 0,9 v =	125 —
Pour l'accumulateur Edison . . .	110 v : 1 v =	110 —

Le nombre d'éléments en service pour assurer une tension de 110 v au moment de la fin de charge sera dans chaque cas :

Pour l'accumulateur en plomb. .	110 v : 2,75 v =	40 éléments.
Pour l'accumulateur P. Gouin . .	110 v : 1,84 v =	59 —
Pour l'accumulateur Edison . . .	110 v : 1,80 v =	61 —

Les réducteurs devront être construits pour réduire le nombre d'éléments à 40, 59 ou 61 suivant le type de batterie et comprendront par suite :

Pour l'accumulateur au plomb. . .	61 — 40 =	21 éléments.
Pour l'accumulateur P. Gouin . . .	125 — 59 =	64 —
Pour l'accumulateur Edison	110 — 61 =	49 —

Prix de tarif. — Les prix d'achat suivant tarif sont, pour une batterie à 110 volts, 120 ampères-heure :

Pour l'accumulateur au plomb, type 125 A-h, 61 éléments, à 37 fr.	2257 fr.
Pour l'accumulateur P. Gouin, type 120 A-h, 125 éléments, à 70 fr.	8610
Pour l'accumulateur Edison, type 120 A-h, 110 éléments, à 80 fr.	8800

Entretien et amortissement. — Les constructeurs des batteries au plomb se chargent à forfait de l'entretien de leurs batteries. Ces contrats sont généralement établis pour 10 ans et renouvelables.

Pour les batteries à 110 v de 120 et 125 A-h dont il est parlé ci-dessus, les dépenses annuelles comprenant : l'entretien forfaitaire, l'amortissement du capital engagé, les pertes d'énergie électrique à la charge, s'établissent comme suit :

Pour l'accumulateur au plomb.

Prime à payer pour l'entretien de 61 éléments, type 125 A-h.	220 fr.
Amortissement en 10 ans et intérêts à 5 pour 100 du capital engagé (2257 fr).	280
Eau distillee	4
Eau acidulée, 50 kg à 8 fr les 100 kg	4
Kw-h perdus à la charge en comptant une décharge, 360 jours par an. 120 A-h, 110 v, 360 jours, perte 37 pour 100 des kw-h utilisés, 1758 kw-h à 0,15 fr.	263,70
	771,70 fr.

Pour l'accumulateur système P. Gouin.

Prime à payer pour l'entretien forfaitaire, 125 éléments, type 120 A-h	0 fr.
Amortissement en 5 ans et intérêts pour 100 du capital engagé (8610 fr)	1 988,70
Eau distillée	4
Renouvellement de l'électrolyte, 180 l, à 1,50 fr. . .	270
Kw-h perdus à la charge. 120 A-h, 110 v, 360 jours, perte 117 pour 100 des kw-h utilisés, 5550 kw-h à 0,15 fr.	833,85
	3 096,55 fr.

Pour l'accumulateur système Edison.

Prime à payer pour l'entretien forfaitaire. 110 éléments (120 A-h).	0 fr.
Amortissement en 5 ans et intérêts à 5 pour 100 du capital (8800 fr).	2 032,60
Eau distillée.	4
Renouvellement de l'électrolyte, 180 l à 1,50 fr. . .	270
Énergie perdue à la charge, en kw-h	833,85
	3 140,45 fr.

Il est à noter qu'avec l'accumulateur au plomb, l'entretien forfaitaire peut être renouvelé pour une période de dix ans, et que pour les accumulateurs alcalins la garantie cessant à l'expiration de la cinquième année, la batterie peut être reprise pour 15 pour 100 de sa valeur.

Tout ce qui précède est relatif aux batteries d'accumulateurs à poste fixe.

Batteries automobiles. — *Accumulateurs au plomb. Accumulateurs alcalins.* — Pour les applications à l'automobilisme les comparaisons utiles à faire doivent concerner : le poids, l'encombrement, le prix, la constance de la tension d'utilisation.

Poids. — Nous comparerons deux batteries de puissance moyenne capables de fournir 375 A-h à la décharge en 5 heures.

Pour avoir la même tension moyenne d'utilisation, nous prendrons :

44 éléments au plomb, tension moyenne. . .	1,91 v	84,04 v
70 éléments Edison, tension moyenne. . . .	1,2 v	84,00 v

L'élément au plomb pèse	29,200 kg.
L'élément Edison pèse.	15,460
La batterie au plomb complète pèse	1 284,8
La batterie Edison complète pèse.	1 081,5

Ces batteries sont destinées à des camions pesant 10 tonnes poids total et couvrant 50 kilomètres.

La batterie au plomb représente 12,8 pour 100 du poids du véhicule.
La batterie Edison représente 10,8 pour 100 du poids du véhicule.

Économie de poids en employant une batterie fer-nickel : 2 pour 100 du poids du véhicule.

Encombrement. — Dimensions d'encombrement de l'accumulateur au plomb = 212 mm × 152 mm × 322 mm de hauteur totale.

Dimensions d'encombrement de l'accumulateur fer-nickel Edison 150 mm × 150 mm × 350 mm hauteur totale.

Le volume occupé par 44 éléments au plomb est : $0{,}212\ m \times 0{,}152\ m \times 0{,}322\ m \times 44 = 0{,}456\ m^3$.

Le volume occupé par 70 éléments fer-nickel est : $0{,}150\ m \times 0{,}150\ m \times 0{,}350 m = 0{,}551\ m^3$.

La batterie au fer-nickel est plus encombrante, de 12 pour 100.

Il est à remarquer que les accumulateurs alcalins en bacs métalliques nécessitent un isolement supérieur à celui des accumulateurs au plomb en bacs ébonite.

Prix de tarif.

44 éléments au plomb à 108 fr . . . . 4 752 fr
70 éléments fer-nickel Edison, à 210 fr. . . . . 14 700 fr.

Tension d'utilisation. — Pour la même tension moyenne d'utilisation aux moteurs des voitures, 84 volts, nous avons vu qu'il faut 44 éléments au plomb ou 70 éléments alcalins.

Quel que soit le type de batterie employé, la tension aux bornes des éléments pendant la décharge ne reste pas constante : elle baisse de plus en plus. Cette variation a pour conséquence directe une diminution de la vitesse obtenue et de la puissance utilisable.

Pour les différents types de batterie les variations sont les suivantes :

Batteries au plomb, au départ du garage . . . . . . 88 volts.
A la fin du parcours total. . . . . 79 —
Surtension au départ, 11 pour 100.
Batteries au fer nickel au départ du garage . . . . . 95 —
A la fin du parcours total. . . . . 70 —
Surtension au départ, 35 pour 100.

Charge des voitures. — Pour la charge des batteries d'accumulateurs au plomb de 44 éléments (utilisation au moteur sous 84 v), on doit disposer au garage de courant continu à 110/115 volts; 2,62 v par élément.

Pour la charge des batteries d'accumulateurs fer-nickel de 70 éléments (utilisation au moteur sous 84 volts), on doit disposer au garage de courant continu à : 120/138 v; 1,85 v par élément.

Chaque système a ses avantages et ses inconvénients. Les constructeurs sont toujours tentés, même lorsqu'ils sont de bonne foi, de présenter leurs produits en n'insistant que sur les avantages qu'ils ont, en glissant avec art sur les autres points.

Nous n'avons pas voulu faire de critiques, toujours possibles. Nous ne nous étendrons pas en dissertations; les chiffres seuls sont éloquents. P. P.

COMMANDE DIRECTE DES MACHINES D'EXTRACTION

EN

COURANT TRIPHASÉ

PAR

MOTEURS A COLLECTEUR

Les commandes électriques de machines d'extraction en courant continu, dont la construction et la marche se sont dès leur début révélées suffisamment au point, ont fait peu de progrès depuis leur apparition. Le principe du convertisseur Léonard, le plus souvent complété par le volant Ilgner qui le caractérise, exige un groupe de machines coûteux, qui le fait juger parfois avec défaveur comparativement à la machine à vapeur. Le moteur asynchrone permet une installation d'un prix inférieur; mais comme il entraine l'abandon des principaux avantages de la commande électrique à courant continu, son succès, en Europe tout au moins, n'a pas été très marqué [1].

On a réussi cependant depuis quelque temps à créer des commandes directes de machines d'extraction en courant triphasé, comparables à beaucoup de points de vue aux commandes à courant continu. Les premières grandes installations de ce genre ont été mises en exploitation au printemps 1912 aux puits Bartensleben et Walbeck à Burbach. Les modes d'extraction des deux installations diffèrent entre eux comme principe et comme détails d'exécution. La machine du puits Bartensleben est actionnée par un moteur triphasé à collecteur à caractéristique série des usines Siemens Schuckert, et celle du puits Walbeck par un moteur à double collecteur de contruction Brown Boveri. Les caractères distinctifs de ces dispositifs récents apparaîtront plus clairement par la comparaison qui suit avec les commandes usuelles à courant continu.

L'une des principales raisons du développement rapide de ces dernières est la sécurité qu'elles présentent grâce au principe Léonard et à l'appareil ralentisseur parfait qui en découle. D'autres avantages sont la mise en marche et le réglage de la vitesse sans perte.

Le principe bien connu du système Léonard consiste à alimenter l'induit du moteur d'extraction sous une tension fournie par une dynamo spéciale et réglage par variation de l'excitation. On peut ainsi obtenir, à l'ascension comme à la descente, une vitesse du moteur, d'extraction rigoureusement indépendante de la charge de la cage. A chaque position du levier de commande correspond donc une seule vitesse, bien déterminée, du moteur. C'est sur cette propriété que repose le principe d'un dispositif de sécurité simple dont le triple but, d'empêcher une accélération positive ou négative trop considérable, de provoquer l'arrêt de la cage automatiquement à l'arrivée et de rendre impossible la mise en marche dans une fausse direction, est rempli à coup sûr. Cet appareil est en général commandé par l'indicateur de hauteur par l'intermédiaire d'une série de vis sans fin et de roues hélicoïdales.

De nombreux essais sur des machines abandonnées à elles-mêmes une fois mises en marche montrèrent que le parcours maximum d'une cage au-dessus de la position d'arrêt est d'environ 2 à 3 mètres, alors que le parcours possible sans accident est en général de 6 mètres. Les prescriptions minières ont d'ailleurs reconnu ce fait par l'octroi d'une vitesse d'ascension ou de descente (pour les voyages non accompagnés) plus grande pour les

[1] *Glückauf*, n° 49, 1912.

machines à commande Léonard que pour celles d'autres systèmes. En dehors de cet avantage la commande à courant continu présente une grande souplesse et s'adapte sans difficulté à toutes les conditions d'exploitation. Le tableau suivant indique les principales dispositions adoptées pour la dynamo d'alimentation suivant les circonstances.

Disposition de la dynamo du système Léonard.

Grand éloignement de la centrale, courant triphasé.
Dynamo de l'alimentation régularisée :
1° Par un volant Illgner;
2° Par une batterie tampon :
3° Sans régulateur.

Faible éloignement de la centrale, courant continu.
Commande de la dynamo par :
1° Par un moteur à courant continu (volant ou batterie-tampon);
2° Par une machine à vapeur (batterie tampon);
3° Par une turbo-dynamo avec soupape de surcharge; et alternateur triphasé comme charge de base.

Dans la majorité des cas le courant disponible est du courant triphasé; le groupe convertisseur comprend alors un volant ou est connecté en parallèle par une batterie tampon. Le groupe convertisseur n'est établi que pour la puissance moyenne et sa marche est uniforme; l'énergie aux pointes est fourni par le volant ou par la batterie tampon rechargée automatiquement à chaque arrêt. Les à-coups de courant sont ainsi évités à la centrale ou au réseau. Une autre propriété intéressante de ces groupes est la possibilité d'exécuter encore un ou plusieurs voyages en cas d'arrêt accidentel du courant.

Tous ces avantages disparaissent avec le moteur asynchrone pour lequel entre uniquement en ligne de compte sa grande simplicité permettant la connexion directe à un réseau triphasé. Par contre la centrale doit être suffisamment puissante pour résister aux à-coups des démarrages et pouvoir fournir, à chaque mise en marche de la machine d'extraction, la quantité d'énergie maximum mise en jeu dans un cycle, correspondant au couple de mise en marche. Le réglage de la vitesse est obtenu par la mise en circuit de résistances entre les bagues du rotor; mais, pour une valeur donnée de ces résistances, la vitesse est fonction de la charge, de sorte qu'à une même position du levier de manœuvre peuvent correspondre des vitesses différentes suivant la charge de la cage. L'emploi d'appareils de sécurité aussi simples que ceux du système Léonard est donc impossible. Le réglage par résistances entraine en outre des pertes d'énergie considérables pour une marche aussi variable que celle d'une machine d'extraction.

On a songé depuis longtemps à l'emploi d'un collecteur pour le réglage de la vitesse des moteurs triphasés, mais ce moyen n'est entré dans la pratique industrielle que depuis quelques années. Le moteur triphasé à collecteur possède le stator d'un moteur asynchrone ordinaire et l'induit d'un moteur à courant continu.

Le stator et l'induit reçoivent tous deux le courant du réseau et le moteur travaille suivant le mode de connexion à caractéristique série ou à caractéristique shunt. Le moteur shunt permet le réglage le plus parfait, à vitesse indépendante de la charge, obtenu en appliquant à l'induit une tension antagoniste compensatrice de la tension de glissement correspondant à chaque vitesse. La vitesse du moteur varie suivant la grandeur de cette tension antagoniste, réglée par un transformateur à prises variables, a, intercalé entre le réseau et l'induit C (fig. 1).

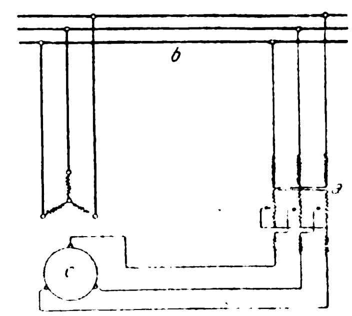


Fig. 1.

Malgré tout l'intérêt d'une caractéristique shunt pour un moteur commandant une machine d'extraction, le moteur triphasé à collecteur à caractéristique shunt n'a pas encore reçu d'emploi dans ce domaine, par suite de la complication du réglage.

Tous les autres moteurs triphasés à collecteur sont à caractéristique série et réglables par déplacement des balais. Nous citerons comme application de ces moteurs

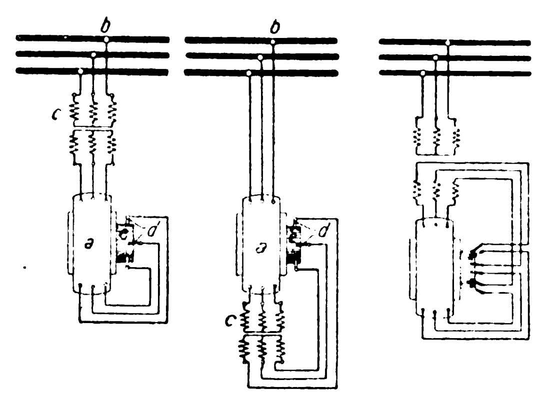


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

à la commande de machines d'extraction le moteur ordinaire type série de Bartensleben et le double moteur à collecteur du puits Walbeck.

Les figures 2 et 3 montrent que dans le moteur triphasé à collecteur à caractéristique série le stator a et le rotor sont montés en série. Le stator est réuni au réseau par l'intermédiaire d'un transformateur abaisseur de tension, réglé pour que la tension d'alimentation du rotor ne soit pas dangereuse pour le collecteur. Le courant du stator arrive à des balais disposés sur le collecteur à raison de trois jeux par paires de pôles. L'ensemble des balais est mobile sur le collecteur et permet un réglage de la vitesse de 50 pour 100. Un réglage plus étendu de 0 à 150 pour 100 peut être obtenu à l'aide d'un second jeu

de balais. Le nombre des balais reste le même que dans les moteurs à jeu unique; mais la répartition a lieu sur deux porte-balais dont l'un pour le demi-cylindre de droite du collecteur et l'autre pour le demi-cylindre de gauche. Un seul porte-balais est mobile, soit la moitié seulement des balais. Ces derniers types de moteurs sont seuls employés pour la commande des machines d'extraction (fig. 4).

La machine d'extraction de Bartensleben est commandée provisoirement par un seul moteur pendant la durée des travaux de fonçage. Les caractéristiques sont les suivantes :

	Travaux de fonçage.	Extraction réelle.
Charge utile, en kg	1000	1600
Profondeur, en m.	500	500
Vitesse d'extraction maxima, en m : s	8	7,90
Poids de la benne vide, en kg	460	3200
Diamètre du câble, en mm	73 × 12	42
Poids du câble, en kg : m	2,52	6,2

L'extraction définitive à 3200 kg de charge utile exigera un second moteur, semblable à celui installé,

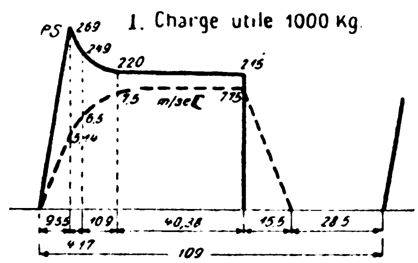


Fig. 5.

d'une puissance de 250 chevaux en marche continue à 370 tours par minute.

Les différentes puissances calculées pour un cycle d'extraction sont indiquées sur les diagrammes (fig. 5 et 6). La tension d'alimentation du stator est de 95 v,

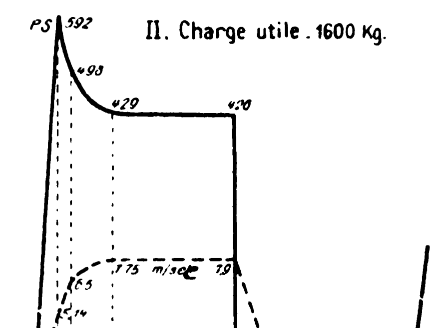


Fig. 6.

obtenus aux bornes basse tension d'un transformateur à huile auto-refroidisseur 15000/95 volts. La commande du moteur se fait par le déplacement du jeu de balais mobiles reliés au levier de manœuvre par un système de leviers coudés. L'inversion du sens de rotation a lieu lorsque le jeu des balais mobiles est ramené en arrière de la position de repos; en outre deux des phases du stator doivent être permutées afin de produire l'inversion du sens de rotation du champ tournant du stator. Aux plus faibles vitesses, le déplacement du système de balais mobiles suffit seul à changer le sens de marche, même si le stator ne subit pas de changement de connexion.

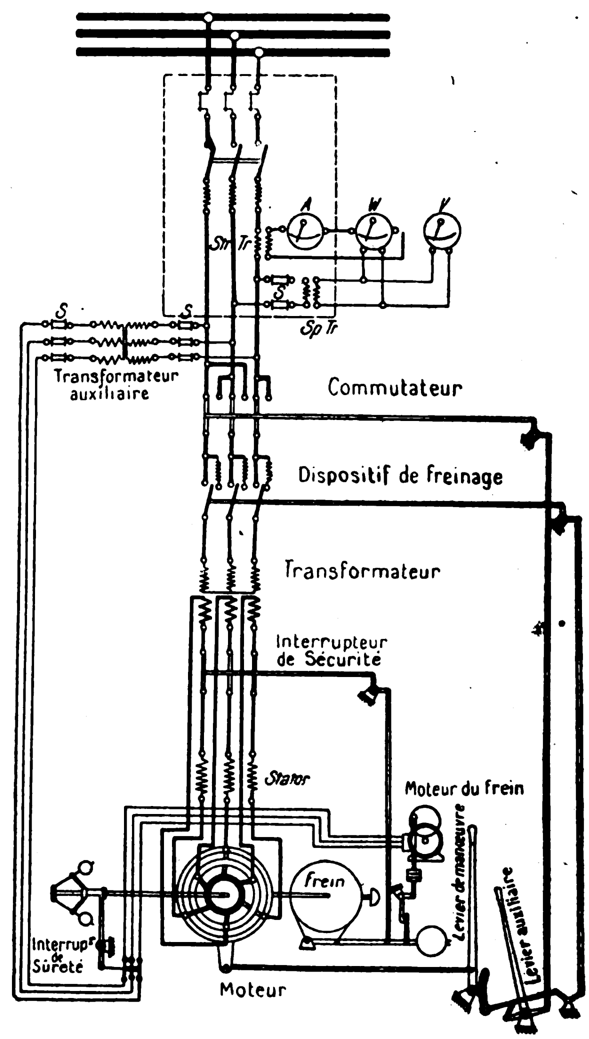


Fig. 7.

Par contre, de fortes étincelles se produiraient au collecteur pour les vitesses plus élevées, si l'on s'en tenait uniquement à ce mode d'inversion. Un commutateur réalise la permutation (fig. 7). Le courant doit être coupé complètement à l'arrêt pour éviter que les sections d'induit court-circuitées par les balais ne soient traversées par un courant dangereux. Si les balais sont ramenés en arrière de la position nulle sans permutateur de phase du stator, et sans inversion du sens de rotation (descente de charges), il se produit un effet de freinage électrique énergique et le moteur travaille comme génératrice en fournissant de l'énergie au réseau. La fréquence du moteur diffère de celle du réseau par suite de son auto-

excitation; il est alors nécessaire de prévoir la mise en circuit d'une résistance d'équilibre permettant le couplage. Cette mise en circuit est commandée automatiquement par le levier de manœuvre. Le nombre total des leviers que doit actionner le machiniste reste donc égal à trois : le levier de manœuvre; celui du frein de manœuvre et celui du frein de sécurité; aucune manœuvre supplémentaire ne résulte du changement de sens de rotation ou du freinage électrique.

Le moteur triphasé série à collecteur présente deux inconvénients : la diminution de la vitesse lorsque la charge croît, comme dans un moteur asynchrone, et l'emballement lorsque la charge devient trop faible. Il n'est donc pas possible d'avoir une vitesse constante à toutes charges pour une position donnée du levier de manœuvre, comme c'est le cas avec le système Léonard. Il s'en suit des difficultés plus grandes pour le montage des dispositifs de sécurité exigés par la commande électrique en général et par les propriétés du moteur série en particulier. On arrive cependant, par des moyens un peu plus compliqués que ceux du système Léonard, à obtenir des dispositifs de ralentissement et de bloquage d'une sécurité et d'une automaticité suffisantes.

On préfère souvent au moteur série à collecteur le moteur à double collecteur se composant de deux moteurs monophasés à collecteur dont les stators sont indépendants et dont les rotors sont calés sur le même arbre

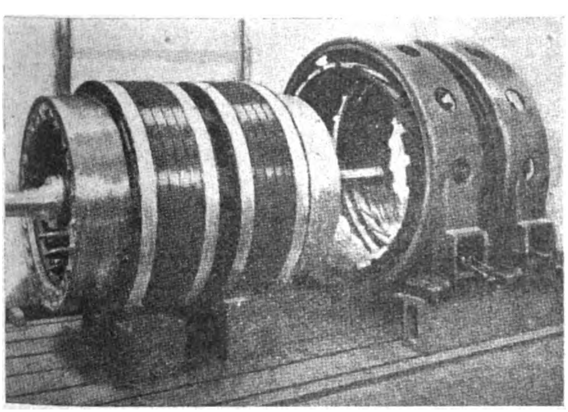


Fig. 8.

(fig. 8). Sur chaque collecteur se trouvent disposés un jeu de balais fixes et un jeu de balais mobiles commandés par le levier de manœuvre. Lorsque les balais mobiles sont sur la ligne neutre, le moteur ne prend que du courant magnétisant, sans développer aucun couple. Lorsqu'au contraire on déplace les balais mobiles à droite ou à gauche de la ligne neutre, le courant pris par le moteur et le couple croissent progressivement jusqu'à leurs valeurs maxima. Le moteur à double collecteur est donc commandé de la même façon que le moteur série. Il possède la même caractéristique que celui-ci, c'est-à-dire que, pour une position donnée des balais, sa vitesse varie suivant la charge. Par contre les stators sont reliés directement au réseau et les rotors, complètement distincts, ne développent qu'une tension faible déterminée par le rapport des ampères-tours du stator au nombre de spires de l'induit. Cette propriété permet de connecter le moteur à double collecteur sur des réseaux à 3000 volts, sans l'intermédiaire d'un transformateur. De plus, l'inversion du sens de marche n'exige pas de permutation de phases sur le stator : elle est obtenue uniquement par le sens de déplacement des balais. Les enroulements du stator représentés figures 9 et 10 sont établis pour que les trois phases du réseau soient également chargées; l'enroulement *a* constitue le bobinage d'une des moitiés du moteur et l'enroulement *b* est celui de la seconde moitié.

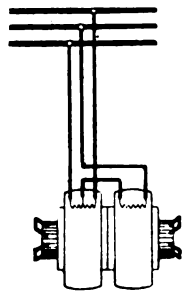


Fig. 9.

Le freinage électrique, lors de la descente de charges entraînant le moteur, par déplacement des balais en arrière de la position nulle, exige comme précédemment l'emploi d'une résistance d'équilibre connectée entre le réseau et le stator.

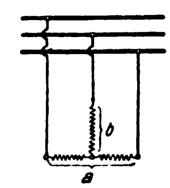


Fig. 10.

Ce moteur a reçu jusqu'ici d'assez nombreuses applications à la commande de treuils ou de petites machines d'extraction. La première machine de forte puissance équipée d'après ce système est celle du puits Walbeck II dont l'agencement mécanique présente également des nouveautés intéressantes. Les données d'établissement de cette machine sont analogues à celles du puits Bartensleben. Elle est prévue pour le fonçage avec un seul moteur qui doit être doublé une fois la période d'extraction proprement dite atteinte. La puissance en marche continue de chaque moteur est de 250 chevaux à 310 tours par minute vitesse maximum. Les caractéristiques sont les suivantes :

	Fonçage.	Extraction.
Charge utile, en kg	1250	2500
Profondeur, en m	400	500
Vitesse maxima, en m:s	10	10
Poids de la cage vide, en kg	2000	4000
Diamètre du câble, en mm	32	41
Poids du câble, en kg:m	3,65	5,65

Les diagrammes calculés sont représentés fig. 11 et 12. Le fonctionnement du frein de sécurité a lieu automatiquement dans les cas suivants :

1° Manque de tension du réseau (relais à minima);
2° Surcharge du moteur (relais à maxima);
3° Vitesse exagérée (interrupteur à force centrifuge);
4° La cage dépasse l'arrêt (contact de fin de course).

Ces cas de déclanchement sont d'ailleurs ceux adoptés le plus couramment pour les machines d'extraction à commande électrique. Le frein de sûreté est déclanché électriquement, lorsque la cage dépasse l'arrêt, par excitation d'un relais dont le circuit est fermé par le contact de fin de course; et mécaniquement par l'écrou de l'indicateur de profondeur. La tige qui transmet le mouve-

ment de cet écrou est d'ailleurs utilisée comme régulateur du couple de freinage suivant la position de la cage, et comme commande du dispositif ralentisseur.

Un relais à maxima empêche une manœuvre trop brusque du levier de manœuvre.

Les deux machines décrites présentent l'inconvénient commun d'immobiliser la cage dans le puits en cas de manque de courant, alors que le système Ilgner permet d'exécuter encore plusieurs voyages. L'attaque a lieu

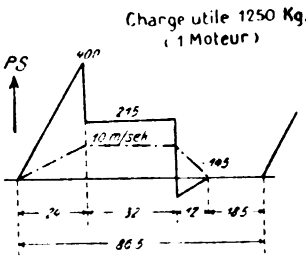


Fig. 4.

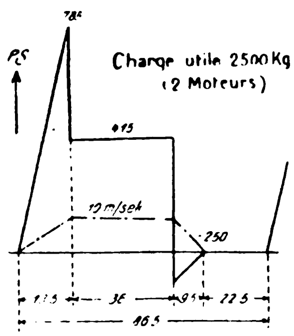


Fig. 5.

dans les deux cas par des engrenages, tandis que la commande à courant continu permet d'accoupler directement le moteur à l'arbre. Les engrenages sont d'ailleurs taillés à la fraise dans la masse; néanmoins on peut craindre que le couple correspondant aux pointes et ne s'exerçant que sur quelques dents provoque une cassure.

L'emploi de collecteur et de balais s'est montré pratique. La détérioration des collecteurs en courant alternatif est moindre qu'en courant continu, par suite de la disparition de l'effet électrolytique de l'arc. Il en est de même pour les balais qui s'usent uniformément alors qu'en courant continu les balais positifs s'usent plus vite que les balais négatifs.

L'avantage essentiel des deux systèmes est la connexion directe au réseau triphasé et l'économie d'installation en résultant par rapport au convertisseur. Tous deux présentent également un courant de démarrage faible relativement à celui du moteur asynchrone, d'où résultent une plus grande commodité de manœuvre et un meilleur rendement.

On ne peut à l'heure actuelle fournir des données précises sur la consommation de courant de ces équipements, par suite de la difficulté d'effectuer des mesures exactes pendant les travaux de fonçage. Les garanties des constructeurs sont de 1,4 kilowatt par cheval utile, chiffre comparable aux valeurs obtenues en courant continu.

La puissance des moteurs triphasés à collecteur est limitée provisoirement à 400 kilowatts; car d'une part la puissance que peut recevoir son inducteur est déterminée et d'autre part la force contre-électro-motrice qui prend naissance dans les sections en court circuit sous les balais de démarrage, limite la tension que reçoivent ces derniers. Le nombre des balais croît avec celui des pôles, et alors même que leur déplacement resterait toujours aisé à l'aide d'un servo-moteur à huile, il n'en résulterait pas moins une sujétion assez sérieuse d'entretien.

Il sera préférable de prévoir une commande par deux moteurs lorsqu'une machine d'extraction exigera une puissance supérieure au chiffre de 500 chevaux. On aura d'ailleurs l'avantage de construire la machine progressivement et de posséder une réserve de puissance moitié.

La commande des machines d'extraction par moteurs triphasés à collecteur est donc très bien adaptée aux installations de faible ou moyenne puissance, dans lesquelles l'économie que permet l'alimentation directe en triphasé est intéressante et où l'on tient cependant à éviter au réseau les à-coups des démarrages d'un moteur asynchrone. La commande Léonard reste néanmoins la plus parfaite et la plus sûre pour les installations de grande puissance.

M. A.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 27 janvier 1913.

Sur un procédé de mesure des grandes résistances polarisables et son application à la mesure de la résistance de bulles dans un liquide, par M. P. Vaillant. — La résistance électrique d'une colonne liquide est considérablement accrue lorsque cette colonne est coupée par une bulle d'air; mais si le liquide mouille la paroi, la résistance ne devient pas infinie, le passage de l'électricité continuant à se faire par la couche liquide adhérente à l'enveloppe. Si l'on admet que cette couche a même constitution et en particulier même conductibilité spécifique que la masse du liquide, il est évident que de l'augmentation de résistance provoquée par la bulle on peut déduire l'épaisseur de la gaine liquide qui l'entoure.

Si la paroi est celle d'un tube cylindrique horizontal, assez fin pour qu'on puisse considérer comme hémisphériques les ménisques terminaux, on établit facilement la relation

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi}\left(\frac{L-l}{r^2}+\frac{l-2r}{2r\varepsilon}+\frac{2}{\sqrt{2r\varepsilon}}\right) \qquad (1)$$

R résistance totale du tube, L et r longueur et rayon de celui-ci, ρ résistance spécifique du liquide qui le remplit, l distance des sommets de la bulle, ε épaisseur de la gaine adhérente. Le troisième terme, qui représente la résistance des ménisques, peut être négligé si l'on suppose r et ε assez petits pour que $\sqrt{2r\varepsilon}$ soit négligeable devant l.

Quand la colonne liquide est sans solution de continuité, la résistance est seulement

$$R_2 = \frac{\rho}{\pi}\frac{L}{r^2}. \qquad (2)$$

De (1) et (2) on tire, en négligeant le troisième terme de (1).

$$\varepsilon = \frac{r(l-2r)}{2L\left(\frac{R_1}{R_2}-1\right)+l}. \qquad (3)$$

Pratiquement, ε étant très petit, la mesure n'est possible que si l'on dispose d'une méthode assez sensible pour rester applicable à des résistances extrêmement grandes et en outre polarisables.

La méthode employée consiste à relier les deux bornes A et B d'une distribution de courant alternatif aux deux paires de quadrants d'un électromètre, A directement, B par l'intermédiaire de la résistance R à mesurer. L'aiguille de l'électromètre communique avec A. En outre, dérivé entre les paires de quadrants, se trouve un condensateur de capacité variable.

Si C est la somme des capacités du condensateur et de l'électromètre, L la self-induction qui intervient dans le circuit, E la f. é. m. alternative utilisée, ω la pulsation du courant, on observe l'élongation

$$\alpha = k\frac{E^2}{\omega^2 C^2\left[R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2\right]},$$

k étant la constante de l'électromètre, c'est-à-dire l'élongation que donne une différence de potentiel de 1 volt entre les quadrants, lorsque l'aiguille est au potentiel de 1 volt. Si L est négligeable devant $\frac{1}{\omega^2 C}$ la formule se réduit à

$$\alpha = k\frac{E^2}{\omega^2 C^2 R^2+1}.$$

Dans les conditions où j'opérais, on avait $\omega = 300$, CR voisin de 0,5, par suite $\omega^2 C^2 R^2$ voisin de 20000, en sorte qu'on pouvait encore simplifier et écrire

$$\alpha = k\frac{E^2}{\omega^2 C^2 R^2}. \qquad (4)$$

On avait d'ailleurs $E = 125$ volts, k voisin de 5, par suite sensiblement $\alpha = \frac{250}{C^2 R^2}$. L'ordre des résistances susceptibles de mesure était donné dès lors approximativement par $CR = 1$, et comme on pouvait faire varier C de 1 à 10^{-4} microfarad, les résistances mesurables par ce procédé s'échelonnaient de 1 à 10^4 mégohms.

Le liquide étudié était contenu dans un tube capillaire horizontal recourbé à angle droit à ses deux extrémités, lesquelles plongeaient dans deux grands vases pleins du même liquide que le tube. Le courant était amené par des électrodes de mercure remplissant le fond des deux vases.

Les expériences ont porté sur de l'eau distillée ordinaire et trois solutions de $Zn\,SO^4$ dans cette eau, de concentration C, $C \times 10^{-2}$, $C \times 10^{-4}$, C étant voisin de la normale.

Dans le passage d'un liquide au suivant, le tube était longuement lavé à l'eau distillée, puis desséché jusqu'au poids constant.

Les capacités utilisées étaient le plus ordinairement une capacité à lames d'air d'environ 3×10^{-3} microfarad, décomposable en 12 parties à peu près égales, et seulement pour les résistances les plus faibles, un microfarad étalon subdivisé en centièmes.

Les bulles avaient une longueur variant de 3 mm à 30 mm. Cette longueur était déterminée sur le tube en place à l'aide d'un viseur à oculaire micrométrique.

Le rayon du tube (voisin de 1 mm) et sa longueur (22 cm) avaient été déterminés au préalable par des tarages au mercure.

A titre d'exemple, voici quelques nombres obtenus avec l'eau pure :

Longueur de la bulle, en mm (l). .	4.356	5.273	7,714	17.428	28,393
Épaisseur de la gaine, en μ (ε) . . .	9,50	9,31	8.78	9,58	8,71

Avec les trois solutions de $Zn\,SO^4$, on trouve des valeurs ε notablement plus petites, d'autant plus petites que la solution est plus concentrée :

Concentrations.	0	$C \times 10^{-4}$	$C \times 10^{-2}$	C
ε moyens (en μ)	9.18	2,98	1.90	1,19

Les ε sont dans chaque cas calculés par la formule (3) et en admettant que ρ a même valeur dans la gaine adhérente au tube que dans le reste du liquide.

Il est possible de vérifier approximativement cette hypothèse en remplissant le tube de liquide, puis le vidant et l'égouttant avec soin et déterminant son augmentation de poids. On obtient ainsi des résultats plus concordants qu'on pourrait croire *a priori*; par exemple, pour l'eau pure, une série de cinq déterminations donne comme poids de liquide adhérant à la paroi :

p (mgs).	12,0	12,3	11,3	11,6

avec une moyenne de 12 de laquelle on conclut comme épaisseur de la gaine liquide $\varepsilon = 8\mu,88$, nombre très voisin de ceux que donnent les mesures de résistances.

Donc, pour l'eau pure tout au moins, la gaine ne diffère pas essentiellement du reste du liquide Mais si l'on essaie la même vérification sur les trois solutions de $Zn\,SO^4$, on trouve comme valeur moyenne des poids adhérant au tube :

Concentrations.	0	$C \times 10^{-4}$	$C \times 10^{-2}$	C
p moyens en mgs . . .	12.0	12.9	12,6	11,1

d'où il faut conclure que, pour ces solutions, la gaine a sensiblement même épaisseur que pour l'eau pure. La contradiction avec les résultats que fournit la mesure des résistances ne peut être attribuée qu'à une différence de conductibilité entre la gaine et la masse liquide, la gaine étant plus pauvre en éléments conducteurs et, par suite, en molécules salines que le reste de la masse. La différence, qui est d'autant plus sensible que la solution est plus concentrée, s'explique par une différence d'attraction de la paroi solide sur les molécules du solvant et celles de corps dissous.

Mesure de l'énergie d'une radiation ultraviolette émise par un arc au mercure sous différents régimes, par M. MARCEL BOLL. — Dans une note

précédente [1], j'ai montré que le coefficient de vitesse de l'hydrolyse photochimique de l'acide tétrachloroplatinique varie proportionnellement à l'énergie rayonnante incidente [2] : cette relation permet de mesurer, avec une grande précision, en valeur relative, l'énergie d'un rayonnement ultraviolet.

Il a semblé intéressant de déterminer, au moyen de cette méthode, comment varie l'émission de l'arc à vapeur de mercure en fonction de la puissance dépensée : diverses expériences ont été tentées dans ce sens, mais elles n'ont guère fourni de renseignements qui puissent être nettement interprétés au point de vue quantitatif.

La lampe à mercure en quartz est horizontale, du type Westinghouse Cooper-Hewitt, dit à 220 volts, c'est-à-dire qu'elle est lumineuse sur 11 cm : une telle longueur permet de produire des spectres très *larges* et transportant par suite beaucoup d'énergie. Les mesures ont porté sur le groupe 2536 U. A., qui est la radiation la plus intense du mercure dans l'extrême ultraviolet.

L'arc commence à se maintenir déjà sous 25 volts; on lui donne de la stabilité, en introduisant dans le circuit une bobine de self-induction qui sert d'amortisseur électromagnétique, sans modifier notablement le rendement de la lampe.

Le Tableau suivant résume les expériences; on a affecté de l'indice 1 les grandeurs relatives au régime le plus bas (50 watts) :

$\mathcal{P}$ EN W.	U EN V.	I EN AMP.	R EN OHMS.	K.	$\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}$.	$\frac{W}{W_1}$ obs.	$\frac{W}{W_1}$ calc.	$\frac{\rho}{\rho_1}$ obs.
50	29	1,72	16,9	23	1	1.00	0.93	1.00
100	37,5	2,67	14,0	47	2	2,04	2.0	1,02
150	46	3,26	14,1	73	3	3,26	3,3	1,09
200	55	3, 4	15,1	106	4	4,51	4.8	1.14
250	64	3,90	16,4	141	5	6,12	6,4	1,23
300	73	4,10	17,8	185	6	8,05	8,2	1,34
350	81	4,30	18,8	234	7	10,2	10,3	1,46
400	90	4,45	20,2	2[illegible]0	8	12,6	12,5	1,58
450	99	4,55	21,7	360	9	15,6	15,8	1.74
500	108	4,65	28,2	440	10	19,1	17,4	1,91

La différence de potentiel U est une fonction *rigoureusement linéaire* de la puissance dépensée

$$U = 0,175\,\mathcal{P} + 20\,;$$

c'est, par conséquent, une hyperbole qui représente la variation de l'intensité I en fonction de $\mathcal{P}$ ou de U; $R = \frac{U}{I}$ est la résistance apparente de la lampe.

Le coefficient de vitesse K est donné par la relation

$$K = \frac{1}{tc}\,\frac{x}{1-x},$$

où c est la concentration initiale $\left(10^{-4}\,\frac{\text{mol.-g.}}{\text{litre}}\right)$ et $c(1-x)$ la concentration d'acide chloroplatinique au temps t (exprimé en minutes) [3]. Le coefficient K varie proportionnellement à l'énergie qui tombe sur la cuve de mesure et, par suite, à l'énergie de même fréquence W émise par l'arc.

On a reproduit ensuite les valeurs de $\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}$, puis les valeurs *observées* de $\frac{W}{W_1}$ qui sont égales à $\frac{K}{K_1}$ et aussi les valeurs du rapport $\frac{\rho}{\rho_1}$ des rendements $\rho = \frac{W}{\mathcal{P}}$ et $\rho_1 = \frac{W_1}{\mathcal{P}_1}$.

L'émission $\frac{W}{W_1}$ est une fonction compliquée de $\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}$,

$$\frac{W}{W_1} = F\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right),$$

qui passe par l'origine

$$F(0) = 0$$

Cette fonction peut être développée en série de Mac Laurin,

$$\frac{W}{W_1} = \alpha\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right) + \beta\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right)^2 + \gamma\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right)^3 + \ldots.$$

La colonne $\frac{W}{W_1}$ calc. montre avec quelle précision on peut se limiter aux *deux* premiers termes et admettre la formule parabolique

$$\frac{W}{W_1} = 0,84\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right) + 0,09\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right)^2.$$

L'énergie, de longueur d'onde 2536 U. A., émise par un arc au mercure, est donc sensiblement une fonction parabolique de la puissance électrique dépensée. Les mesures et la formule précédente permettent de se rendre compte *approximativement* de l'émission d'une lampe à mercure *quelconque* sous ses différents régimes.

Séance du 5 février 1913.

Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement des détecteurs électrolytiques, par M. Paul Jégou. — Dans une Note précédente (25 mai 1910) nous avons déjà fait connaître le principe d'un détecteur électrolytique très sensible fonctionnant sans le secours d'une force électromotrice auxiliaire. Nous avons repris son étude dans le but de le perfectionner et d'en faire un détecteur dont la sensibilité soit constante, certaine et facile à réaliser. Nous avons reconnu que l'amalgame *mercure-zinc* était à ce point de vue bien plus avantageux que l'amalgame *mercure-étain* que nous avons signalé. Les nouveaux détecteurs que nous avons ainsi réalisés, non seulement sont aussi sensibles que les détecteurs électrolytiques ordinaires, mais leur sont parfois supérieurs. D'autre part, le son engendré par les trains d'ondes dans les écouteurs est extrêmement clair et spécialement favorable à la réception des trains d'ondes musicaux.

Si l'on examine le fonctionnement de ces détecteurs, il

---

[1] Marcel Boll, Relation entre la vitesse d'une réaction photochimique et l'énergie rayonnante incidente. *Comptes rendus*, t. 156, 1910, p. 138.

[2] Une nouvelle preuve expérimentale de cette proportionnalité peut être donnée en interceptant, par des écrans convenables, la moitié du faisceau parallèle entre les deux prismes : le coefficient de vitesse de la réaction diminue effectivement de moitié.

[3] Rappelons qu'on détermine, par une mesure électrométrique de conductivité, la proportion x détruite au bout de temps qui varient entre 0,5 et 5 minutes.

est bien certain que la sensibilité de la cellule électrolytique est due au couple électrique qui naît du contact des deux électrodes différentes avec l'électrolyte : mais ce qui est plus intéressant de remarquer, c'est qu'ici l'électrode active, c'est-à-dire l'électrode sensible à contact punctiforme avec l'électrolyte, fonctionne sous l'action d'un courant en sens inverse du courant appliqué quand le détecteur est associé à une source électrique auxiliaire. Bref, l'électrode active agit comme cathode et non comme anode suivant le montage habituel. En effet, c'est l'amalgame mercure-zinc qui est attaqué légèrement par l'électrolyte et qui, par conséquent, constitue le pôle négatif de l'élément. A l'intérieur de cet élément le courant va donc de l'électrode mercure-zinc vers l'électrode sensible. Ce sens est bien inverse du courant normal dans le détecteur polarisé. Il importe d'ailleurs de remarquer que la haute sensibilité de ce détecteur est due précisément à ce que la tension critique λ' d'un tel détecteur, lorsqu'on applique sur l'électrode active le pôle négatif d'une source électrique auxiliaire, est précisément égale à la force électromotrice fournie par le couple intérieur de la cellule électrolytique ainsi formée.

Ces recherches nous ont conduit à penser qu'à la théorie qui fait mettre en jeu une dépolarisation de l'électrode active sous l'action de l'onde pour expliquer le fonctionnement des détecteurs électrolytiques, il pourrait être intéressant de joindre une hypothèse nouvelle sur le mécanisme de l'action des ondes hertziennes sur cette dépolarisation

Nous avons été conduit à supposer que le platine, corps extrêmement poreux et condensant facilement des gaz en lui-même, se comporterait comme une sorte de *limaille agglomérée* (expérience de M. Branly, radioconducteur à limaille agglomérée dans du soufre) qui, en quelque sorte, *cohérerait* sous l'action des ondes, ce qui aurait pour effet de chasser les gaz occlus dans le platine, c'est-à-dire précisément de dépolariser l'électrode sensible.

Si l'on tient compte d'autre part du *skin-effect* pour les courants de haute fréquence, qui est tel que pour la fréquence 10^6, l'intensité des oscillations n'est plus que le centième de l'intensité superficielle à la profondeur de 0,029 mm, on s'explique aisément pourquoi le fil de l'électrode sensible doit être : 1° en platine (métal poreux) ; 2° en fil très fin (skin-effect) ; 3° très court (effet total du courant hertzien avant toute diffusion dans l'électrolyte).

Remarquons d'ailleurs que cette théorie semble pouvoir expliquer facilement la plupart des phénomènes secondaires observés dans le fonctionnement d'un détecteur électrolytique avec ou sans force électromotrice :

1° Fonctionnement sans pile, même avec deux électrodes en platine sous l'action d'ondes énergiques, avec naissance d'un courant inverse au courant décelé lorsqu'on lui applique une source auxiliaire ;

2° Possibilité de fonctionnement, comme nous l'avons observé, avec une électrode active en fil de platine extrêmement fin ayant 5 à 6 mm de long, si ce fil a été au préalable porté à l'incandescence, c'est-à-dire dépolarisé dans sa masse ;

3° Fonctionnement de plusieurs détecteurs montés en parallèle, comme si chacun d'eux existait seul, malgré la multiplicité des points de contact de l'électrode active avec l'électrolyte, ce qui est contraire à la condition de sensibilité du détecteur.

REVUE DE LA PRESSE

APPAREILLAGE

Interrupteurs à isolement constant pour courants de faible intensité. — Les quantités d'énergie très petites mises en jeu d'ordinaire pour la commande des appareils à faible intensité, nécessitent un bon isolement des canalisations. La plupart des défauts occasionnant les pertes ne proviennent pas des conducteurs eux-mêmes mais des interrupteurs. Ebeling et Diebel rendent compte de mesures qui montrent l'influence des conditions atmosphériques sur les isolants usuels. Dans de nombreux cas les isolants ne doivent pas être employés pour les installations à faible intensité et grand isolement, par suite des modifications subies par leur surface.

Les usines Siemens et Halske évitent cette difficulté en employant comme isolant de l'huile minérale bien épurée qui entoure la base de chaque borne de contact d'une couche très mince tandis que le sommet des bornes est distant de plusieurs centimètres du niveau de l'huile. (*E. T. Z.*, n° 39, 1912.)

M. A.

MESURES

Mesures sur des câbles à haute tension. — M. Pfannkuch vient de rendre compte d'essais effectués sur les câbles à 30 000 volts de la centrale Oberspree, comprenant l'étude en court-circuit, l'étude à vide et l'étude de la variation de température. Une série de mesures à vide à tension croissante a donné les résultats suivants :

Tension composée à l'extrémité du câble, en volts.	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000
Puissance apparente, en kv-a	260	580	1 000	1 470	2 260
Puissance réelle, en kw.	5	12	19	30	45
Intensité à vide, en ampères	14	22	29	37	44

La valeur moyenne du facteur de puissance pendant l'essai fut de 0,02. Le calcul des pertes diélectriques proprement dites montre que celles-ci sont extrêmement faibles et qu'elles croissent plus rapidement que le carré de la tension. Leur valeur est de 0,3 à 0,4 pour 100, ce qui prouve qu'une bonne utilisation des matériaux isolants permet l'obtention de diélectriques pratiquement parfaits.

Les relevés à l'oscillographe des périodes de fermeture et d'ouverture du circuit ont permis quelques remarques intéressantes. Ces opérations étaient faites à l'aide de trois interrupteurs à huile à enclanchement par relais dont l'excitation était commandée par l'appareil enregistreur. L'à-coup du courant à la fermeture atteignit en moyenne 2,5 fois l'intensité maxima en période normale. L'influence de résistances de choc est nettement favorable. Il est possible de réduire les à-

coups à zéro en intercalant une résistance en carborundum de 4000 ohms avant le premier contact. Les variations de la tension sont moins fortes et deviennent faibles pour la coupure du câble à vide. Par contre la courbe du courant à l'ouverture du circuit présente des oscillations plus prononcées qu'à la fermeture. L'influence d'une résistance de choc est également très favorable dans ce cas. L'essai d'échauffement dura 24 heures sous 25 700 volts et 82 ampères par phase. La valeur de la résistance passa de 20,82 ohms à 21 ohms, ce qui correspond à une élévation de température de 7° C. (*E. T. Z.*, 43-44, 1912).

Appareils de tableau pour stations centrales. (*E. T. Z.*, 1912, n° 43.) — On cherche, dans les appareils à lecture directe, à rendre la visibilité de l'échelle maximum. Pour avoir un bon coefficient d'utilisation de l'espace, Weston le premier a employé les appareils en forme de secteur. En pratique, pour le choix d'un appareil, on donne son diamètre; c'est une erreur, car la partie importante est l'échelle.

La détermination de l'angle de déviation totale et la longueur de l'aiguille donnent les dimensions de l'échelle. Une longueur d'échelle courante en Europe est de 120 à 130 mm, avec un angle de déviation de l'aiguille de 85°, cela donne une longueur d'aiguille de 80 mm. Ce sont peut-être les plus petites dimensions à utiliser pour centrales.

Une échelle de cette longueur ne permet guère l'emploi de 120 divisions, les traits étant écartés de 1 mm. A notre avis quand les appareils sont placés quelque peu au-dessus de la hauteur d'homme, l'échelle minimum doit être de 165 mm pour une déviation totale de 85°, cela donne une longueur d'aiguille de 110 mm. Une échelle semblable divisée en 100 et même 150 parties donne dans ce dernier cas la dimension minimum pour une échelle pratique.

L'appareil de tableau Weston est toujours protégé contre les effets magnétiques et électromagnétiques par un boitier en fer. Ce boitier est construit de façon à être toujours à une distance minimum des aimants ou du fer doux pour éviter les effets de polarisation. F. H.

Utilisation du galvanomètre comme électromètre. — On peut utiliser le galvanomètre ordinaire Deprez-d'Arsonval comme électromètre (Peuckert, *Electrical World*, volume 57, n° 18) pour les mesures de tension en courants alternatifs.

Cette possibilité est due au fait qu'un tel galvanomètre peut être considéré comme identique en principe à un électromètre, la bobine mobile du galvanomètre correspondant à l'aiguille de l'électromètre et l'aimant au quadrant.

Si l'on connecte le cadre à un pôle de la tension à mesurer et l'autre à l'aimant, l'on obtient une déviation qui peut être mesurée suivant la méthode habituelle, et qui donne la valeur de la tension.

La position normale du cadre mobile est telle que la sensibilité de l'appareil monté en électromètre est très faible; pour l'augmenter, on fait dévier l'appareil de sa position normale à l'aide d'un courant continu. Le cadre mobile est branché sur une batterie au travers d'une résistance *r* convenable. En faisant varier cette résistance pendant la mesure d'une tension, on arrive à déterminer une déviation maximum. Il suffit alors d'étalonner l'appareil et de construire la courbe des déviations en fonction des tensions, pour l'utiliser comme voltmètre.

F. H.

INSTALLATIONS

Procédés d'amplification des effets des courants faibles. — On sait que le principal écueil auquel s'est heurtée la télégraphie sous-marine résidait en ce que les courants reçus étaient extrêmement faibles et particulièrement difficiles à enregistrer. Lord Kelvin résolut la question d'une façon magistrale avec son siphon, recorder, mais depuis, la T. S. F. et d'autres applications ont réclamé l'enregistrement de courants plus faibles encore. Nous citerons trois dispositifs proposés récemment.

Le courant à amplifier aboutit par les fils *a* (fig. 1) à un équipage à cadre mobile de dimensions très petites pouvant

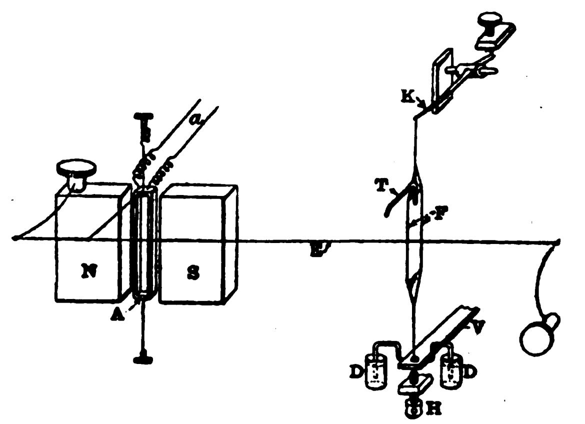


Fig. 1.

osciller entre les pôles d'un aimant très puissant ou d'un électro-aimant NS.

Au lieu de monter le siphon-recorder directement sur le cadre mobile, ce dernier est manœuvré par une fibre de quartz E; on peut alors amplifier facilement les déplacements du siphon.

Pour produire un trait sur le papier sans introduire de frottement, on arrive à produire une véritable pluie de goutte-

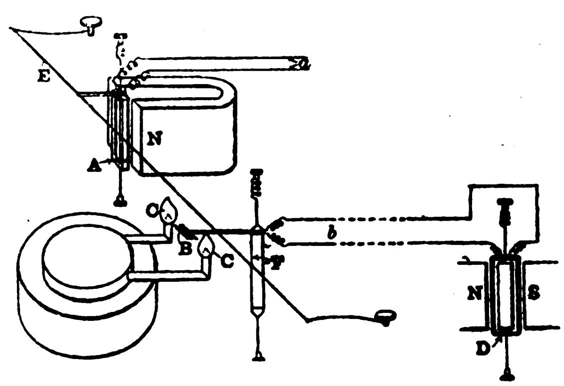


Fig. 2.

lettes d'encre simplement en maintenant le siphon en vibration rapide. Dans ce but le siphon est soutenu par un fil tendu par les ressorts V et K lesquels sont reliés à un vibrateur.

Un tel système ajusté pour posséder une période propre de 10,5 p : sec. avec un cadre mobile présentant 500 spires et de 500 ohms de résistance donne une déviation de 4 mm sur la bande de papier pour un courant de 50 micro-ampères.

Des essais de cet appareil ont été entrepris sur les câbles de l'Atlantique et ont donné un accroissement de vitesse de 30 pour 100.

La figure 2 représente un autre montage qui ne manque pas d'originalité.

Le déplacement du cadre A est utilisé pour amener sur la flamme d'une lampe un couple thermo-électrique B relié lui-même à un enregistreur D.

En réalité on a prévu deux flammes C et C' et deux

couples thermo-électriques platine-platine iridié à 20 pour 100 d'iridium. On objectera que ce système se prête mal aux signaux un peu rapides, pratiquement on peut aller jusqu'à 10 déplacements par seconde.

Enfin nous donnons (fig. 3) le montage d'un relais mécanique assez curieux basé sur le principe du frein Lemoine autrefois très employé sur les omnibus de Paris.

Un cylindre D est animé d'un mouvement de rotation uniforme par un moteur quelconque. Le cadre mobile A manœuvre deux cordelettes enroulées sur le cylindre D et reliées à un levier R.

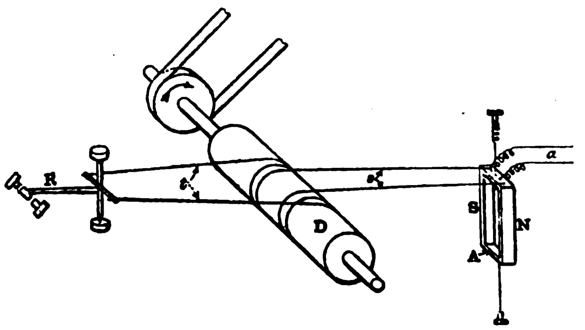


Fig. 3.

En temps normal l'appareil est réglé de telle façon que les cordelettes serrent à peine et d'une façon égale le cylindre D.

Si le cadre A vient à tourner, il tire sur une des cordelettes et donne du mou à l'autre; aussitôt le cylindre transmet en l'amplifiant le serrage qu'il reçoit, il tend la cordelette correspondante allant au levier R qui se déplace énergiquement. Si le mouvement du cadre mobile change de sens, la tension des brins change également et le levier se déplace.

Il suffit d'un effort très faible du cadre pour provoquer un effort considérable sur le levier R; on s'en rendra compte en se rappelant que dans le frein Lemoine, qui procédait par enroulement, un effort de quelques grammes sur la corde permettait de bloquer les roues d'un omnibus. En pratique ce système a permis de remplacer un courant de 13 milli-ampères par un courant de 10 micro-ampères sur un circuit télégraphique. L'amplification est donc sensible. (*Electrical Review*, Londres, du 21 février 1913).

Compensateur de déphasage. — L'abaissement du facteur de puissance des réseaux triphasés est provoqué d'ordinaire par les moteurs d'induction, en particulier par ceux de grande puissance à marche lente. Les installations industrielles à réseau triphasé ont en général un cos φ compris entre 0,6 et 0,85, ce dernier chiffre étant rarement atteint.

Un exemple d'installations à facteur de puissance très bas est fourni par les laminoirs électriques. La cause en réside à la fois dans le grand nombre de petits moteurs auxiliaires, entraîneuses, tables élévatoires, rouleaux transporteurs, etc., travaillant souvent à faible charge, et dans la construction même des moteurs de laminoir ayant obligatoirement un facteur de puissance faible. Ceux-ci travaillent souvent à charge réduite, car leur puissance doit être déterminée très largement en raison des chocs et des à-coups qu'ils ont à supporter. Une de leurs caractéristiques est leur très grand entrefer d'où résulte un accroissement du courant magnétisant.

L'amélioration du facteur de puissance d'une station nouvelle se traduira par une diminution des frais d'installation, tandis qu'il s'ensuivra, pour une station existante, un meilleur rendement à l'arrivée dû à la diminution des pertes ohmiques qu'entraîne le courant dewatté dans les alternateurs, transformateurs et fils de ligne. Cet avantage peut être considérable à lui seul lorsqu'une station est arrivée près du maximum de son débit en kilovolts-ampères.

Les moyens d'améliorer le facteur de puissance d'un réseau comprenant des moteurs d'induction peuvent se diviser en deux classes; on peut soit produire au moyen d'une seule machine tout le courant déwatté nécessaire au réseau, soit munir chaque moteur d'un dispositif compensateur.

La première catégorie comprend les moteurs synchrones, les moteurs-générateurs synchrones et les commutatrices. Toutes ces machines surexcitées peuvent produire le courant déphasé en avant, nécessaire pour réduire le déphasage arrière du réseau. Il est bon qu'elles soient dès leur construction prévues pour cette fonction, ce qui d'ailleurs peut se faire sans accroissement de dépense bien considérable. Lorsque l'une de ces solutions n'est pas possible; on recourt souvent, en Amérique surtout, à l'emploi d'un moteur synchrone marchant à vide, installé dans le seul but de diminuer le déphasage. Ce moyen est cependant coûteux comme entretien et installation. Aucune de ces solutions n'est pleinement satisfaisante, car elles présentent toutes les inconvénients inhérents aux machines synchrones : démarrages incommodes, dangers d'oscillations et de décrochages. Leur excitation doit être en outre réglée à chaque instant de leur marche suivant la demande de courant déwatté en avant.

La deuxième catégorie comprend tous les dispositifs compensateurs destinés à être utilisés isolément sur les moteurs. Le n° 46 de l'*E. U. M.* 1912 contient une description du système Brown-Boveri appartenant à cette classe. Le principe de ce système est l'emploi comme compensateur d'une machine polyphasée à collecteur connectée aux bagues de l'induit du moteur à induction. Cette solution est applicable aux installations existantes comme aux installations neuves.

Ce compensateur de déphasage est particulièrement avantageux pour des installations comprenant un grand nombre de petits moteurs marchant simultanément avec quelques moteurs de grande puissance. On peut alors utiliser les gros moteurs à la compensation du déphasage produit par les petits et obtenir pour l'installation le facteur de puissance 1.

Le compensateur de déphasage peut être entraîné par un moteur spécial ou par le moteur principal. Il présente la particularité de n'avoir pas de stator. On comprend d'ailleurs qu'il en puisse être ainsi, le compensateur n'ayant pas à développer de couple moteur, mais devant uniquement fournir du courant déwatté. Le compensateur comprend simplement un induit normal avec collecteur et balais, entouré d'une enveloppe en tôle permettant la fermeture des chemins de lignes de force. La puissance absorbée pour la commande est celle nécessaire pour vaincre les frottements; elle ne dépasse pas 1 kw pour des moteurs de 1000 kw. Le compensateur est connecté aux derniers contacts du rhéostat de démarrage et ne reçoit le courant du stator qu'une fois le démarrage terminé; des dispositifs d'enclanchement empêché ont pour objet de prévenir toute fausse manœuvre.

Ce système est simple et assure, d'après l'auteur, l'amélioration du facteur de puissance d'un moteur asynchrone en laissant à celui-ci sa propriété caractéristique de glisser plus ou moins suivant la charge. (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, n° 46, 1912.) M. A.

TRANSFORMATEURS

Transformateur de courant triphasé en courant alternatif simple de fréquence triple. — Si l'on connecte en série les secondaires de trois transformateurs monophasés dont les primaires sont alimentés par les trois phases d'un réseau triphasé, on constate dans les secondaires un courant de fréquence triple de celle du courant d'alimentation, à condition que le fer des transformateurs travaille à forte induction et

que la courbe de la force électro-motrice primaire ne soit pas exactement sinusoïdale. Les secondaires sont le siège de deux forces électro-motrices de même sens et d'une force électro-motrice opposée. Il s'en suit à la fermeture des circuits une chute de tension très forte qu'on évite en disposant les trois primaires et le secondaire commun sur un seul circuit magnétique à quatre noyaux. Le secondaire est alors bobiné sur le noyau central parcouru par le flux commun aux trois primaires. Le transformateur ainsi constitué réunit trois transformateurs monophasés avec un noyau commun.

Cette disposition permet de transformer sans convertisseur rotatif le courant à basse fréquence d'un transport d'énergie ou d'une ligne de traction en courant utilisable à l'éclairage. Il est possible d'éviter les oscillations de tension dans le secondaire en montant des bobines de self en série sur les primaires. (*Un. Electr.*, 25 oct. 1912.) M. A.

Prix des pertes dans les transformateurs. (*E. T. Z.*, 9 janvier 1913.) — Le circuit électrique et le circuit magnétique d'un transformateur sont très imparfaits. Le circuit électrique est le siège de pertes par effet Joule qui diminuent la tension, le circuit magnétique est le siège de pertes dans le fer et exige un courant plus fort par suite de la résistance magnétique.

MM. Stane et Atkinson classent de la façon suivante ces pertes :

A. Résultats de l'imperfection du fer :

1° Pertes dans le fer qui exigent :

a. Une dépense d'énergie dans le transformateur ;

b. Une augmentation de la puissance de la centrale et une section de cuivre plus forte ;

2° Un courant magnétisant qui occasionne :

a Des pertes dans le cuivre de la ligne et des générateurs ;

b. Une augmentation de puissance des générateurs et de section des conducteurs.

B. Résultats de l'imperfection du cuivre :

1° Pertes ohmiques dans le transformateur qui occasionnent :

a. Une dépense d'énergie dans le transformateur ;

b. Une augmentation de puissance de la centrale et de section des conducteurs.

2° Variations de la tension secondaire du transformateur qui diminuent la durée des lampes et mécontentent les consommateurs.

Ce dernier inconvénient peut faire négliger toutes les autres considérations quand les variations de tension deviennent importantes.

Pour diminuer les dépenses totales, il est bon de prêter attention au rapport des pertes dans le cuivre et dans le fer. Pour un cas particulier le rapport 2,6 est le plus favorable.

Pour comparer les dépenses annuelles avec le prix d'achat on doit tenir compte de la durée du transformateur et de l'intérêt du capital engagé.

Dans un exemple on a les données suivantes :

Prix du kilowatt-heure	0,0395 fr.
Prix du kilowatt-générateur installé	105
Prix du kilowatt du réseau primaire installé	52,5
Prix du transformateur de 5 kw ayant 45 w de de pertes dans le fer, 95 w dans le cuivre, et un courant magnétisant de 2 pour 100	316

Les dépenses annuelles sont :

Pertes dans le fer, dépenses annuelles	22,69 fr.
Courant magnétisant	3,26
Pertes dans le cuivre	17,10
Remplacement prématuré des lampes	1,95
Total	44,91 fr.

Avec un intérêt de 6 pour 100 et une durée du transformateur de 10 ans, cela correspond à une somme de $\frac{44,91}{0,138} = 325$ fr. supérieure au prix d'achat. F. H.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

443 732. — **Société Automatic Electric C°.** — *Transmetteur d'impulsions électriques* (11 mai 1912).

443 755. — **Société Marconi's Wireless Telegraph C° Limited.** — *Dispositif pour la transmission et la réception simultanée des messages dans une même station de télégraphie sans fil* (13 mai 1912).

443 781. — **Cabral dos Santos.** — *Perfectionnements aux postes de télégraphie électrique* (14 mai 1912).

443 787. — **Lagus.** — *Dispositif pour permettre même aux personnes ayant l'oreille dure de téléphoner à de grandes distances* (14 mai 1912).

443 523. — **Société dite : Ever Ready Metallindustrie G. m. b. H.** — *Procédé de fabrication des électrodes poreuses en charbon pour piles secondaires* (8 mai 1912).

443 659. — **Société A. G. Brown Boveri et C°.** — *Dispositif pour combiner le démarreur des moteurs d'induction, lorsqu'il est fixé au moteur, au dispositif de mise en court-circuit des bagues* (9 mai 1912).

443 640. — **Société A. G. Brown Boveri et Cie.** — *Dispositif pour la mise en court-circuit des bagues des moteurs d'inductions* (9 mai 1912).

443 671. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques** — *Procédé pour supprimer l'influence du magnétisme rémanent dans les machines électriques* (18 juillet 1911).

443 744. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Procédé de compoundage des moteurs alimentés au moyen d'un couplage Léonard* (21 juillet 1911).

443 616. — **Reinert et Pettersen.** — *Isolateur électrique avec bouchon fusible* (9 mai 1911).

443 669. — **Société d'électricité Mors.** — *Dispositif commutateur à contrôleur du nombre de mises en fonction* (18 juillet 1911).

443 674. — **Gaucher.** — *Boîte de raccordement pour conducteurs électriques souterrains* (10 mai 1912).

443 774. — **Abbatecola.** — *Interrupteur automatique limitateur de la consommation d'énergie électrique* (15 mai 1912).

443 818. — **Société Verrerie de Folembray.** — *Perfectionnement dans l'établissement des isolateurs électriques et produits en résultant* (15 mai 1912).

443 819. — **Société Verrerie de Folembray.** — *Procédé de fixation pour l'assemblage ou le montage des isolateurs et moyens le réalisant* (15 mai 1912).

443 717. — **Szilard.** — *Procédé de désélectrisation de produits industriels* (11 mai 1912).

443 515. — **Gethe et la Société Gluhlampenfabrik Hansa G. m. b. H.** — *Lampe à incandescence électrique à réflecteur double* (8 mai 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

72 800. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 512. 25 Avril 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Les récentes applications de l'électricité sur les chemins de fer du Nord. — La résistance électrique des alliages de fer. — Le réseau de T.S.F. anglais. — Mort due à l'électricité sans blessure apparente. — Application de la T. S. F. en Amérique. — Les câbles sous-marins dans la guerre italo-turque et dans celle des Balkans. — Les électromobiles de Berlin. — Concours international pour la protection des ouvriers. — Expériences relatives à l'intensité de réception des signaux de T. S. F. à de très grandes hauteurs 169

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Bruère. Allichamps. Lyon. Moulins. Pusignan. Saint-Bon 172

LA TRACTION ÉLECTRIQUE PAR COURANT ALTERNATIF SIMPLE SUR LES CHEMINS DE FER DU MIDI. **A. Z.** 177

L'ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE (*suite*). **Gébelin** 186

ROLE DES ANTENNES HORIZONTALES SYMÉTRIQUES OU DISSYMÉTRIQUES BASSES OU ÉLEVÉES EN RADIOTÉLÉGRAPHIE (*suite et fin*). **Paul Jégou** 190

L'EXPOSITION DE GAND. **A. Z** 192

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du 10 février 1913* : L'inscription des signaux hertziens de l'heure. — Possibilité d'inscrire directement et de déterminer sans calcul, au centième de seconde près, l'heure envoyée par la tour Eiffel, par **A. Turpain** 194

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — *Séance du 2 avril 1913* : Communication par téléphonie sans fil entre Rome et Tripoli. La traction électrique par courant continu à haute tension. L'inscription des signaux hertziens de l'heure 197

REVUE DE LA PRESSE. — *Electrothermie* : La production de la fonte dans les hauts-fourneaux électriques. — *Installation* : Nouveau limiteur de courant. — *Mesures* : Méthode expérimentale pour déterminer la résistance de rayonnement d'un poste de T. S. F. — *Moteurs thermiques* : Classification des combustibles pour moteurs Diesel. — *Traction électrique* : Locomotives d'ateliers à accumulateurs . 198

BREVETS D'INVENTION 200

INFORMATIONS

Les récentes applications de l'électricité sur les chemins de fer du Nord. — 1° *Télégraphie sans fil.* — Ainsi que nous l'avons déjà signalé, la Compagnie du Nord a été la première à appliquer la T.S.F. au réglage de ses horloges. On sait combien il est regrettable, pour ne pas dire dangereux, d'avoir des heures différentes dans chaque gare. Sur certains réseaux on se contente de remettre les cadrans à l'heure périodiquement; sur le Nord, où l'exactitude est en honneur, on a eu recours de tout temps à des procédés plus scientifiques.

Avant l'invention de la T.S.F. la remise à l'heure des pendules des gares se faisait en utilisant aux environs de midi les circuits télégraphiques dont les lignes étaient reliées pendant quelques instants à une horloge-mère placée à Paris. A midi précis un courant était transmis par l'horloge-type et dans chaque réceptrice un électro, agissant sur un cœur, ramenait les aiguilles au zéro; il fallait, pour que le mécanisme fonctionne bien, que les écarts ne dépassent pas ±5 minutes et en outre les circuits télégraphiques étaient immobilisés pendant quelques minutes.

Avec la T.S.F. l'unification de l'heure est obtenue sans apporter le moindre trouble dans le service. Tous les jours à 10h45 un employé reçoit les signaux horaires de la tour Eiffel dans différentes gares et règle d'après eux la pendule du bureau télégraphique. Sur cette pendule les agents viennent ensuite prendre l'heure et toutes les pendules des locaux et des gares voisines sont ainsi réglées d'après l'heure de l'Observatoire.

Les postes de réception consistent en un appareil portatif du modèle bien connu de MM. Ducretet et Roger, relié à une antenne très simple obtenue en utilisant un ou deux fils tendus parallèlement entre deux poteaux télégraphiques ordinaire distants de 50 à 100 mètres. Ces postes sont installés et fonctionnent actuellement dans les gares suivantes :

Saint-Ouen (Paris), Laon, Tergnier, Amiens, Saint-Quentin, Valenciennes, Douai, Cambrai, Lille, Hazebrouck, Dunkerque, Calais, Boulogne, Compiègne, Creil, Beauvais, Rouen.

En outre les deux paquebots de la Compagnie du Nord faisant le service entre la France et l'Angleterre ont été munis de postes complets (transmetteur et récepteur), pour la transmission des dépêches de service et privées. Ils utilisent le courant continu à 110 volts du bord transformé en alter-

natif à 1000 p : sec. par un groupe Bethenod d'une puissance de 1200 watts ; ces postes à étincelle musicale ont pu être entendus du Finistère.

Enfin un poste de secours utilisant une batterie d'accumulateur de 10 éléments permet de marcher pendant l'arrêt des machines du bord, la portée est limitée alors à 40 km.

Il est assez curieux de remarquer que, dès le début de la T. S. F., la Compagnie du Nord avait demandé à l'État les autorisations nécessaires. Après la catastrophe du *Titanic*, l'État, sentant sans doute sa responsabilité engagée, prescrivit à la Compagnie d'installer d'urgence des postes de T. S. F. Ce petit fait montre une fois de plus l'incohérence qui règne dans notre bonne administration !

2° *Stérilisation des eaux.* — En vue de mettre à la disposition de ses voyageurs de l'eau vraiment potable, la Compagnie du Nord a cherché à stériliser l'eau de ses fontaines par des lampes à vapeur de mercure en tube de quartz.

Dans ces appareils l'eau à stériliser vient circuler dans les chicanes d'un réservoir qui l'obligent à passer très près de la lampe, en sorte qu'étant soumises plusieurs fois à l'action des rayons ultra-violets les molécules sont sûrement stérilisées.

Les lampes absorbent 3 ampères sous 110 volts (courant continu) ; on les laisse fonctionner d'une façon continue, quitte à perdre l'eau stérilisée qui s'écoule en mince filet, plutôt que de risquer une stérilisation incomplète qui serait dangereuse. En cas d'extinction de la lampe une sonnerie avertit aussitôt le personnel. Des installations de ce genre fonctionnent à Paris, Amiens, Lille, Valenciennes, Arras, et tout laisse à penser qu'on ne s'arrêtera pas là.

La résistance électrique des alliages de fer. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 20 février, d'après l'*Electrician*.) — C. F. Burgess et J. Aston donnent le résultat de leurs essais relatifs à la détermination de la résistance des alliages de fer.

Les échantillons utilisés lors des expériences avaient un diamètre de 1 cm et environ 10 cm de longueur ; on y faisait passer du courant continu atteignant l'intensité de 50 A et la chute de tension était mesurée entre deux entailles distantes de 7,854 cm.

On a procédé à des essais avec des alliages contenant soit plusieurs métaux étrangers, soit un seul. Tandis que la variation de résistance des alliages de plusieurs métaux ne présentent aucune régularité, celles des alliages de fer avec un autre métal sont très régulières ; les tableaux suivants donnant la résistivité de quelques alliages ont été établis d'après une série de courbes.

RÉSISTANCE EN CENTIÈMES D'OHM PAR MÈTRE DE LONGUEUR ET MM^2 DE SECTION DE DIVERS ALLIAGES DE FER EN FONCTION DE LEUR TENEUR EN CENTIÈMES DE MÉTAL ÉTRANGER

MÉTAL ALLIÉ.	TENEUR EN CENTIÈMES.					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Silicium	24	36	46	55	65	75
Zinc	21	28	35	41	47	»
Arsenic	20	26	31	37	»	»
Cobalt	12	15	14	15	17	18
Cuivre	14	15	15	12	12	12
	5.	10	20.	30.	47.	75.
Manganèse	36	55	»	»	»	»
Chrome	31	47	»	»	»	»
Molybdène	28	30	»	»	»	»
Wolfram	16	17	19	»	»	»
Nickel	22	27	37	82	45	22

Les alliages de silicium, de zinc et d'arsenic sont caractérisés par leur grande résistivité (ils ont également la plus grande perméabilité, car ils contiennent beaucoup de fer, ainsi que le dit le traducteur allemand).

La variation de la résistivité des alliages de nickel est très intéressante, elle augmente jusqu'à une teneur de 34 pour 100, puis diminue quand le pour cent de nickel croît. La teneur de 34 pour 100 de nickel correspond à peu près au métal Invar ou métal Guillaume, dont la composition peut être représentée par la formule Fe^2Ni. F. L.

Le réseau de T. S. F. anglais. (*The Electrician*, n° 69, 1912.) — D'après un projet déposé au Parlement, il serait question de construire des postes importants de T. S. F. en Angleterre, Égypte, colonies Africaines, Indes, Singapour, et de les relier par T. S. F. tous entre eux ou en partie seulement.

Sur le désir du gouvernement la Société concessionnaire aura à établir d'autres stations principales sous la condition que pendant cinq années aucune autorisation ne soit accordée à un tiers. Chaque station doit être prête douze mois après que le directeur général des Postes aura signifié à la Société l'achèvement des bâtiments.

Pendant une période d'essai de sept jours au moins, dont les frais incomberont à la Société, il sera vérifié que chaque poste a été construit régulièrement et peut rester jour et nuit en communication avec les autres stations. L'on devra atteindre une vitesse de transmission de 20 mots à la minute pour un service duplex avec des appareils ordinaires, et de 50 mots pour un service simple avec appareils automatiques.

L'État paiera chaque station principale 1,5 million de francs ; de plus, pendant 28 ans, l'État versera 10 pour 100 du revenu brut de ces stations à la Compagnie.

Les longueurs d'onde des stations doivent être comprises entre 5600 et 16600 m, de façon à obtenir un service sûr le jour et la nuit, mais la longueur d'onde d'une station doit différer de 25 pour 100 au moins de celle d'une autre station quelconque avec laquelle elle doit communiquer.

La station anglaise aura une longueur d'onde de 10000 m pour communiquer avec l'Égypte.

Dans le cas où une station doit correspondre avec plusieurs, l'on prévoira des circuits émetteurs séparés qui auront autant que possible les mêmes caractéristiques. La hauteur de ton des diverses stations sera différente, mais dans un poste donné la hauteur de ton des divers circuits émetteurs sera la même.

Pour que le personnel d'une station quelconque soit à même de desservir une autre station, l'équipement sera le même partout.

Pour les antennes on utilisera des conducteurs isolés en bronze siliceux. Dans les stations anglaises chaque fil d'antenne sera composé d'un câble à 7 brins d'une longueur de 1000 m. Comme support on se servira de 10 poteaux en tubes d'acier de 100 m de hauteur.

Les terres seront constituées par une série de plaques de tôle de fer étamées, et enterrées dans un endroit convenable.

Les machines fournissant l'énergie seront doublées ; entre autres il y aura 2 chaudières dont chacune devra pouvoir fournir la puissance nécessaire à une station.

La vapeur produite dans les chaudières alimentera une machine à vapeur couplée à un générateur alternatif qui actionnera un éclateur à disque.

La puissance des stations de tête de ligne devra être de 1400 à 1800 kw, et de 950 kilowatts pour les stations intermédiaires. Pour chaque circuit émetteur on a prévu 5 transformateurs et une batterie de condensateurs composée pour les stations anglaises de 540 éléments.

Pour changer la longueur d'onde on fera varier l'inductance et non la capacité.

Les électros des interrupteurs H. T. seront actionnés par un

courant de relais. Les relais seront commandés automatiquement des bâtiments du télégraphe quelquefois éloignés de plusieurs kilomètres.

Le poste lui-même devra posséder un Morse de façon à pouvoir télégraphier s'il y a lieu. F. H

Mort due à l'électricité, sans blessure apparente. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 27 février.) — A propos de la mort d'un jeune homme, qui avait été très probablement tué pour avoir touché un conducteur à 10000 v, mais dont le corps ne portait aucune trace de blessure, la question s'est posée de savoir si la haute tension peut entraîner la mort sans brûlure extérieure.

Il y a des cas où l'électricité passe à travers le corps, sans que l'on puisse constater la moindre altération de la peau à l'endroit du contact. Cela dépend de l'état dans lequel se trouve la peau à cet endroit, par exemple si elle est plus ou moins humide, de la résistance de passage, de la surface de contact, etc...

Les traces du courant, c'est-à-dire des blessures extérieures, sont généralement considérées comme des brûlures et décrites comme telles dans les rapports. Cette manière de voir n'est exacte que dans certains cas, quand l'étincelle électrique, l'arc électrique ou encore d'autres actions thermiques dues au courant se sont manifestées; il y a alors brûlure. Dans le cas où il y a bon contact et passage invisible de l'électricité, il se produit des modifications de la peau ayant un caractère spécial.

Ces marques portent le nom de « modifications spécifiques de la peau par l'électricité ». Ce sont la plupart du temps des soulèvements de l'épiderme, en forme de points ou de plaques; la peau a perdu sa couleur normale, et est d'un blanc pâle ou d'un gris jaunâtre; au milieu de ces proéminences, se trouvent des crevasses rondes ou allongées, dont le fond et les rebords sont ordinairement d'une teinte gris noir; dans de rares cas le fond de la crevasse est couleur de sang. Toute la portion attaquée, qui comprend parfois le derme, devient assez dure. Un autre caractère de ces blessures est que toute trace de rougeur est absente; il y a au contraire souvent tout autour une étroite bande blanche. Les marques, surtout lorsqu'il n'y a pas de sécrétion, ne ressemblent nullement à des blessures récentes, elles ont plutôt l'air de coupures en pleine voie de guérison.

Le diagnostic présente souvent de grandes difficultés même pour ceux qui ont une grande expérience; l'épiderme, c'est-à-dire la partie par laquelle le courant a pénétré, n'est parfois pas soulevé, il est brillant et comme « repassé » et parait desséché. Ces modifications de la peau dues à l'électricité ne causent aucune douleur et sont insensibles au toucher et même aux piqûres d'épingles.

Parfois les poils qui se trouvent à l'emplacement de ces marques restent absolument inattaqués. F. L.

Application de la loi sur la Télégraphie sans fil, en Amérique. *Elektrotechnische Zeitschrift*, du 20 février.) — Ainsi que l'annoncent les journaux américains, le commandant du vapeur *Numidian* de la Compagnie Allain a été emprisonné à Boston, parce que la station de télégraphie sans fil, installée sur ce navire ne pouvait communiquer à une aussi longue distance que l'exige la loi. Le capitaine du vapeur *Winfredian* a été arrêté parce que, sur son navire, la communication entre la passerelle de commandement et le poste de télégraphie sans fil n'était pas assurée d'une manière suffisante.

F. L.

Les câbles sous-marins dans la guerre italo-turque et dans celle des Balkans. — Comme pendant les guerres précédentes, particulièrement pendant la guerre hispano-américaine, qui a été appelée à juste titre « A war of coal and cables » (une guerre de charbon et de câbles), les câbles sous-marins ont joué un rôle important dans la guerre italo-turque. Peu après son entrée dans la mer Égée, la flotte italienne commença à détériorer les câbles qui reliaient les îles au continent. Ils y réussirent dans la plupart des cas, parce qu'ils avaient à bord des navires de guerre le matériel nécessaire et un personnel exercé, comme du reste la plupart des flottes modernes, mais aussi probablement parce que l'unique vapeur de pose de câbles italiens « Citta de Milano » y a collaboré. En six jours 7 câbles furent mis hors d'usage, celui de Salonique-Lemnos (le 18 avril), de Chio-Tenedos et les deux reliant Chio à l'île de Chypre (le 20 avril). Le 21 avril, le câble reliant Samos et Rhodes au continent; le 23, le câble reliant Tenedos et Bezika, et le 24, les câbles Tenedos-Lemnos furent coupés.

La Turquie ne disposait plus que de deux câbles, inaccessibles à la flotte italienne; particulièrement celui reliant Constantinople au port roumain de Constanza, ligne qui avait été munie l'année précédente d'appareils Wheatstone.

La « Eastern Telegraph C° » de Londres, qui possédait ces câbles, a naturellement subi une perte importante, et on ne parle pas d'indemnité; on n'en a du reste pas prévu dans le traité de paix entre la Turquie et l'Italie.

Depuis le commencement de la guerre des Balkans, le câble de Constanza est la ligne principale employée pour communiquer avec l'Europe, car les lignes par la Serbie et la Bulgarie sont coupées, et le gouvernement turc a interdit l'envoi de télégrammes en langage secret, même pour les télégrammes des autres gouvernements.

Au commencement de décembre, une canonnière grecque a bombardé la guérite d'atterrissage du câble sous-marin de Vallona, mais elle n'a pas réussi à interrompre les communications. F. L.

Les électromobiles de Berlin. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 20 février). — D'après la statistique officielle, il y avait à Berlin à la fin de l'année 1912, sur 5504 fiacres, 1917 automobiles à essence et 277 électromobiles, c'est-à-dire 5 pour 100 de l'ensemble des fiacres et 12 pour 100 des fiacres automobiles. 178 des électromobiles appartenaient à une société, et 51 à leur conducteur F. L.

Concours international pour la protection des ouvriers. (*La Revue polytechnique de Genève*, du 10 mars.) — Le ministre royal de l'agriculture, de l'industrie et du commerce italien a ouvert un concours international pour la protection des ouvriers, qui sera clos le 31 décembre 1915; dans ce concours une série de prix sont attribués pour des études et appareils et entre autres : dix mille francs pour une étude théorique et expérimentale sur la « mise à la terre » dans les installations électriques industrielles.

Dans cette étude, on devra particulièrement approfondir les parties qui regardent :

a. Les phénomènes qui se présentent quand un point quelconque d'un circuit vient en contact avec le sol;

b. L'influence que la nature et la composition du sol ont sur lesdits phénomènes;

c. L'influence de la forme des courants et de leur tension sur les phénomènes mêmes;

d. L'efficacité protective des « mises à la terre », soit permanentes, soit occasionnées par des phénomènes de surtension;

e. Les moyens de maintenir et de vérifier « les mises à la terre ».

Dans chacune des parties de cette étude, on aura soin de prendre en considération aussi bien les courants industriels du circuit que ceux qui sont dus à des perturbations intérieures du circuit même.

Cette étude devra être écrite en langue italienne ou française. L'étude et les dispositifs que le concurrent proposera

devront être accompagnés d'un nombre suffisant de données expérimentales.

Un prix de quatre mille francs est attribué à un appareil à placer à côté d'une poulie motrice pour effectuer le montage de sa courroie, pendant la marche de la transmission; un autre prix de quatre mille francs, pour un appareil transportable qui se prête à exécuter le montage des courroies sur des poulies ayant des diamètres peu différents entre eux, et montées sur des arbres de diamètres différents. Deux autres prix sont destinés l'un à un appareil de protection pour les laminoirs, l'autre à une étude concernant des mesures préventives contre les maladies infectieuses dont sont menacés les ouvriers tanneurs. F. L.

Expériences relatives a l'intensité de réception des signaux de télégraphie sans fil à de très grandes hauteurs. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 6 mars.) — Le 5 janvier, le ballon Nordhausen (1680 m³), de la Société saxonne-thuringienne aéronautique (section de Halle), a fait une ascension où il a atteint la hauteur de 7000 m. Le ballon, parti de Bitterfeld, a atterri à Güstrow dans le Mecklembourg; M. G. Lutze pendant cette ascension a fait des essais sur l'intensité des signaux de Norddeich à des hauteurs de 1500 et 1500 et même 6500 m. Une résistance était mise en parallèle avec le téléphone entre 1520 et 1540 m; il n'a pu établir de différences dans l'intensité de réception.

Il y avait une forte diminution à 6500 m. Les valeurs correspondantes de la résistance mise en parallèle avec le téléphone (de 1000 ohms) étaient respectivement 180 et 500 ohms. On n'avait donc pas à 6500 m de hauteur la moitié de l'intensité de réception obtenue à hauteurs moyennes. Les mesures à des hauteurs moyennes avaient été faites à la même distance de la station, de sorte que l'affaiblissement des signes n'est pas dû à l'éloignement.

L'influence de la baisse de température et de la diminution de la pression atmosphérique sur la sensibilité du détecteur (un élément de Schlömilch) a été déterminée, elle est moindre que les limites d'erreur de la méthode employée. On ne peut non plus attribuer la diminution à un affaiblissement du son, car M. Lutze a pu très bien causer avec le conducteur du ballon. F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Bruère-Allichamps (**Cher**). — *Installation*. — Il est question actuellement à Bruère-Allichamps de l'installation d'une station électrique dont le réseau s'étendrait aux communes environnantes.

Des pourparlers sont, dit-on, engagés entre des usiniers électriciens et le propriétaire du moulin des Bordes, qui dispose d'une chute d'eau dont la puissance est assez grande. On aurait recours à cette chute d'eau pour la distribution de l'énergie électrique.

Si les pourparlers n'aboutissaient pas, on ferait probablement appel aux propriétaires de la région pour la constitution d'un capital destiné à fixer, malgré tout, une station électrique à Bruère-Allichamps.

Loos (**Nord**). — *Distribution d'énergie*. — La Société Électricité et Gaz du Nord a déposé une demande de concession de la distribution d'énergie électrique. Cette proposition a été renvoyée à la commission compétente.

Lyon. — *Traction électrique*. — On parle avec une certaine persistance, et même certains articles de journaux portent à croire que le fond de ces bruits est réel, de l'électrification de la ligne de chemin de fer de l'Est de Lyon, dont le point de départ se trouve à Lyon, et les terminus actuels à Montalieu (près Amberieu), Jallieu (près Bourgoin) et Saint-Genix. Cette dernière petite ville, aux abords du massif de la Grande-Chartreuse, serait, au lieu d'un terminus, le point de départ d'un prolongement, par absorption d'une voie secondaire, d'un tronçon nouveau, dont le terminus serait vraisemblablement Chambéry, en passant par la vallée du Tiers et Novalaise.

Ces projets ont donné lieu aux bruits les plus divers, qu'il est impossible de contrôler. Toujours est-il que le trafic intense de cette petite ligne nécessite une augmentation, à brève échéance.

L'avenir et le progrès de toute la région se trouvent donc intéressés dans cette question, car il n'est pas douteux que ce pas en avant sera suivi d'effets bienfaisants, de toutes manières, pour les localités desservies.

Nous n'insistons pas pour l'instant, nous réservant de revenir ultérieurement, en précisant.

Moulins (**Allier**). — *Distribution d'énergie*. — Un projet important ayant pour but d'alimenter en électricité d'une façon convenable la ville de Moulins et une partie de sa région est depuis plusieurs mois déjà en cours d'exécution. Il s'agit d'amener à Moulins, par la voie aérienne, un puissant appoint emprunté à l'énergie électrique fournie par le barrage de Rochebut, établi sur le Cher, à douze kilomètres de Montluçon. On compte que les travaux ne seront pas complètement achevés avant deux ans. Mais la Compagnie française et continentale d'Éclairage au gaz prend ses dispositions pour fournir un service d'éclairage continu dès le mois prochain. Elle se propose, d'autre part, de demander une concession à la ville.

Pusignan (**Isère**). — *Éclairage*. — La Société générale de Force et de Lumière, qui a installé un réseau de distribution dans cette région, dans le but de fournir l'éclairage et toute l'énergie nécessaire aux localités, vient de terminer l'installation de l'éclairage à Pusignan. Ce progrès considérable va donner une nouvelle activité à cette petite localité, et nous pensons que cet avantage attirera d'autres conséquences heureuses.

La Société générale de Force et Lumière procède actuellement à la fin de l'installation à Janneyrias, commune voisine, pour compléter ses installations actuelles. Le réseau ainsi créé pourrait facilement être bouclé — ce que nous croyons qui sera fait — en poursuivant la ligne jusqu'au poste de Pont-de-Cheruy. Cette localité est déjà desservie, pour la force motrice seulement, l'éclairage étant réservé à l'Énergie industrielle, par le poste de Jameyzieu-Tigneu, alors que les réseaux de Pusignan et Janneyrias sont alimentés par celui de Genas.

Ce bouclage serait d'un grand secours, en cas d'avarie d'un poste ou de l'autre, car il assurerait ainsi l'éclairage dans les communes desservies.

Saint-Bon (**Savoie**). — *Éclairage*. — Une société vient de se constituer à Saint-Bon sous la présidence de M. Duraz, représentant de commerce, dans le but d'installer l'éclairage électrique dans la commune.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR

COURANT ALTERNATIF SIMPLE

SUR LES

CHEMINS DE FER DU MIDI

La Compagnie des Chemins de fer du Midi, ayant décidé, à la fin de l'année 1908, d'électrifier la traction d'une grande partie de son réseau, résolut de faire des essais pour déterminer le choix des locomotives et des lignes caténaires.

La ligne de Villefranche, Vernet-les-Bains à Ille-sur-Têt fut choisie pour ces essais; le tronçon de Marquixanes à Villefranche, dont nous reproduisons le profil figure 11, s'y prête particulièrement bien. D'autre part, la proximité de l'usine hydraulico-électrique de la Cassagne permet de disposer de l'énergie électrique pour l'alimentation des locomotives. A cet effet, la Compagnie du Midi fit établir une installation complète de transformation (fig. 1) de courant triphasé 20000 volts, 25 périodes par seconde, en courant alternatif simple 12000 volts, 16,66 périodes par seconde.

Pour déterminer le choix des locomotives, la Compagnie

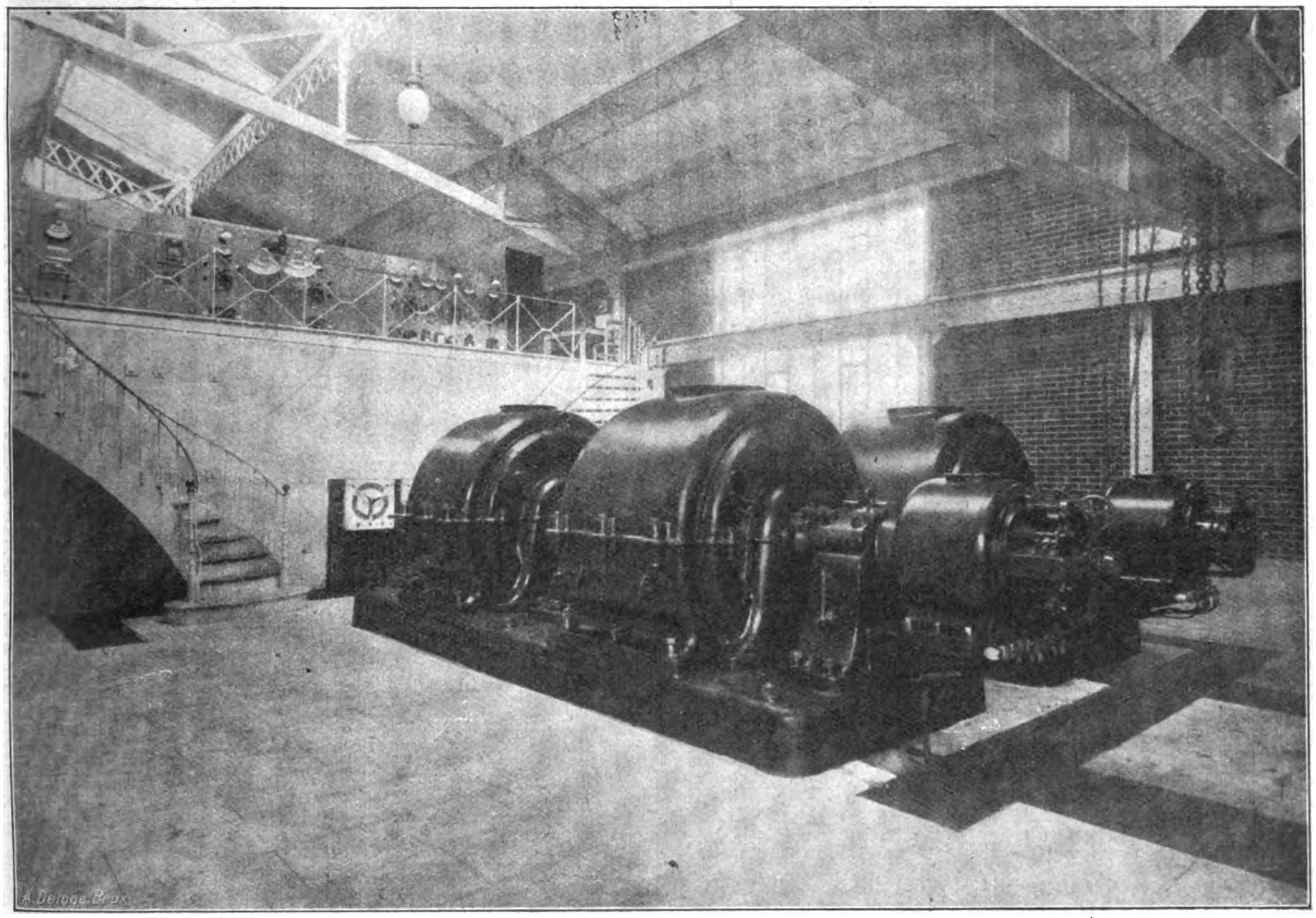


Fig. 1. — Sous-station de Villefranche transformant le courant triphasé à 20000 v, 25 p:s. en courant alternatif simple à 12000 v et 16,66 p:s.

du Midi ouvrit un concours auquel six constructeurs furent admis à soumissionner d'après un programme que nous résumons ci-dessous.

Les principales caractéristiques des locomotives présentées ont été indiquées ici-même [1], nous n'y reviendrons pas et donnerons aujourd'hui la description de la locomotive des Ateliers de Construction du Nord et de l'Est qui a satisfait d'une façon complète à tous les essais du cahier des charges dont une clause, celle de la récupération, ne manquait pas de laisser entrevoir des difficultés considérables. Le résumé des conditions imposées pour le concours était le suivant :

La locomotive devra pouvoir démarrer un train de 400 tonnes sur le profil indiqué. La charge du train étant ramenée à 280 tonnes, il devra pouvoir être remorqué à une vitesse d'au moins 40 kilomètres à l'heure. Sur le

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 464 du 25 avril 1911, p. 188.

même profil, la vitesse, avec un train de 100 tonnes seulement, devra être d'au moins 60 kilomètres à l'heure.

En descendant de Villefranche à Marquixanes, les moteurs devront pouvoir fonctionner comme freins en renvoyant du courant sur la ligne: la vitesse de descente en pente devra pouvoir être réglée à volonté depuis la vitesse fixée pour l'ascension de cette pente jusqu'à la moitié de cette vitesse; c'est ce qui constitue le problème de la récupération.

Le coefficient de récupération sera déterminé.

La locomotive des Ateliers de Construction du Nord et de l'Est, qui a répondu à ces conditions, avait les caractéristiques suivantes :

Écartement des rails, en m.	1.435
Longueur de la locomotive hors tampons, en m.	14.27
Longueur de la caisse, en m	12.6
Hauteur de la caisse au-dessus du rail.	3,315
Hauteur avec pantographe maxima, en m	6.5
— minima, en m	4,5
Diamètre des roues motrices, en m	1.4
Diamètre des roues porteuses, en m.	1
Empattement des essieux moteurs, en m	3.6
Charge par essieu moteur, en tonnes	18
Poids total de la locomotive, en tonnes	85.5
Jeu latéral des essieux porteurs dans les deux sens, en mm.	65
Tension d'alimentation, en volts	12 000
Puissance unihoraire, en chevaux.	1 500
Vitesse maxima, en km : h	75

Partie mécanique. — La partie mécanique est formée d'un châssis rigide constitué par deux longerons en tôle découpée de 30 mm d'épaisseur et entretoisés par dix traverses dont les six centrales, servant d'assises aux moteurs et aux transformateurs, sont en acier moulé. Les longerons sont également entretoisés à leur partie inférieure et au-devant des essieux moteurs extrêmes par des traverses servant pour la fixation des axes d'articulation des queues de bissel.

La locomotive possède trois essieux moteurs et, à chaque extrémité, un essieu porteur ou bissel.

Sur chaque boite à huile des essieux moteurs, s'appuie un ressort de suspension: ceux-ci sont disposés de façon que la locomotive est supportée sur les côtés en six points. La suspension se fait par des ressorts à lames et chaque essieu porteur est relié à l'essieu moteur voisin par des leviers coudés ou balanciers à sonnettes; seul l'essieu du milieu est monté sur ressorts indépendamment des autres. De cette façon est réalisée la suspension théorique de la locomotive sur trois points, permettant un réglage facile de la répartition des charges.

La figure 3 donne une vue schématique de la locomotive où les systèmes de leviers et la suspension sont très visibles.

La locomotive complète pèse 85,5 tonnes: la répartition de la charge sur les essieux a été faite pour obtenir le poids adhérent maximum en tenant compte de la limite imposée par le service du contrôle, soit 18 tonnes par essieu. Cette répartition se fait très aisément en agissant sur les écrous des tiges des ressorts à lames des divers essieux porteurs et moteurs.

Les fusées des essieux moteurs tournent dans des boites à huile à rattrapage de jeu. Ces boites sont extérieures au châssis, donc facilement accessibles pour la visite et pour le graissage.

Bissels. — Les deux bissels de la locomotive sont semblables; chacun d'eux comprend un essieu dont les fusées sont intérieures aux roues.

Sur les boites à huile sont fixées, à l'avant et à l'arrière, deux plaques en tôle formant un caissonnement autour de l'essieu. Sur ces plaques sont fixées, dans l'axe du bissel, des glissières en acier moulé sur lesquelles s'appuie le sabot du pivot de bissel.

Le pivot lui-même est fixé sur le châssis proprement dit de la locomotive; il peut se déplacer verticalement dans le sabot formant guide, mais il entraine ce dernier dans des mouvements horizontaux. Le sabot du pivot ne peut à son tour se déplacer que transversalement par rapport au bissel.

Ces déplacements transversaux sont contrariés par deux ressorts à lames conjugués qui tendent à ramener le bissel dans l'axe de la locomotive. Le jeu maximum est de 65 mm de chaque côté de l'axe, et il est limité par les glissières fixées sur les plaques du bissel.

La suspension des bissels est conjuguée avec celle des essieux moteurs. Les deux ressorts de suspension du bissel sont reliés entre eux par deux traverses s'appuyant sur les chandelles de suspension qui reposent à leur tour sur les boites à huile

Tous les organes de suspension du bissel, y compris les chandelles, sont dans le châssis: aussi, afin de permettre les mouvements du bissel, a-t-on prévu, à la partie supérieure des boites à huile, des glissières facilitant le déplacement relatif des chandelles de suspension.

La queue du bissel, fixée sur les plaques intérieures, se termine à l'autre extrémité par une articulation sphérique. La distance de l'axe d'articulation à l'axe de l'essieu est de 2,300 m.

Caisse. — La caisse a 12,6 m de longueur totale, et 2,75 m de largeur; elle se termine aux extrémités par des pans coupés avec portes d'entrée dans les cabines.

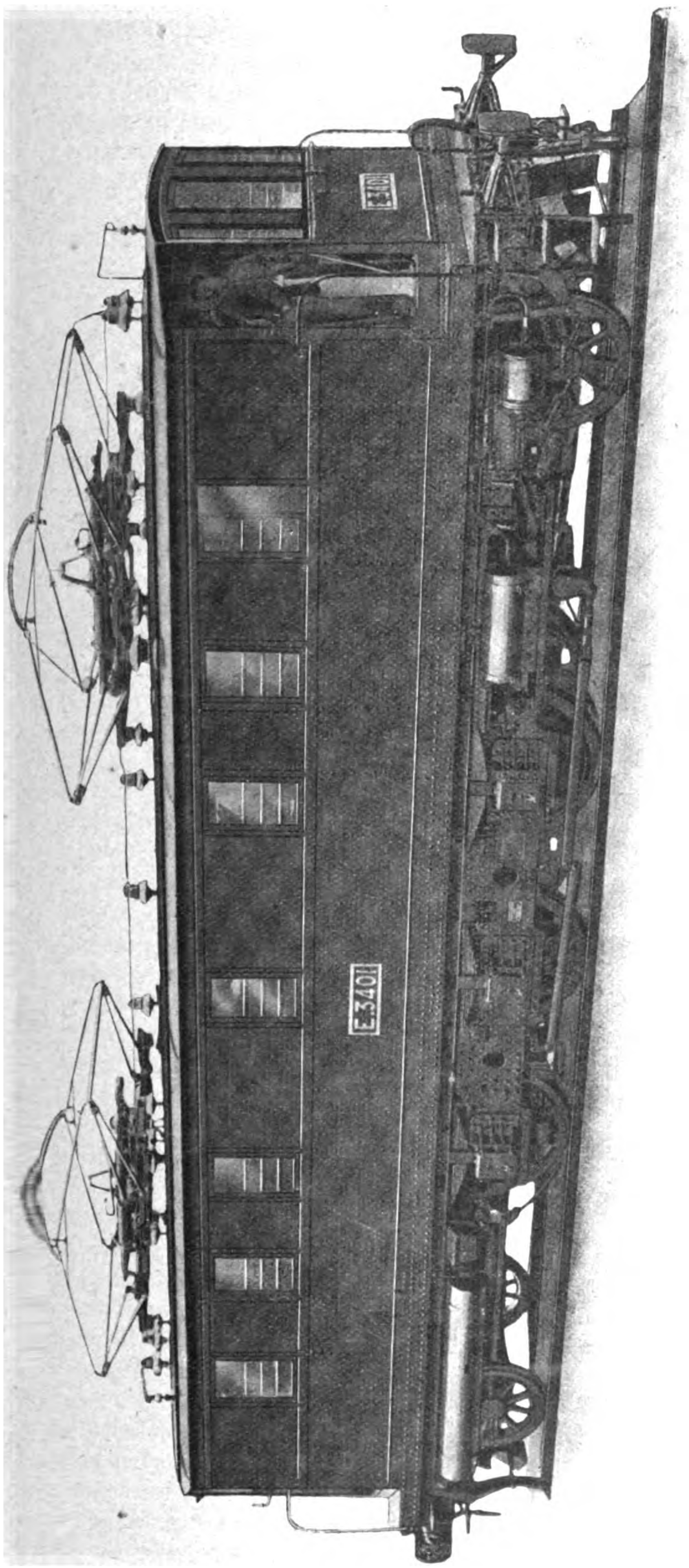
La caisse, complètement métallique, comprend trois compartiments : les compartiments extrêmes de 2,52 m de longueur forment les cabines du wattmann: le compartiment milieu est réservé pour l'emplacement des moteurs transformateurs et appareils électriques divers. Dans ce compartiment, il existe une cabine pour les appareils à haute tension.

Les parois de la caisse sont munies de châssis à glaces fixes et mobiles ainsi que de persiennes à lames verticales articulées facilitant l'aération de l'intérieur pendant la marche.

Le châssis, ainsi que tous les organes de frein, sablage, etc., qu'il comporte, sont à peu près semblables à ceux des locomotives ordinaires.

Choc et traction. — Les tampons de choc sont avec ressorts en spirale résistant à des efforts de 12.000 kg ;

chaque crochet de traction s'appuie sur deux ressorts | en spirale prévus pour les efforts de 12 tonnes. Ces organes



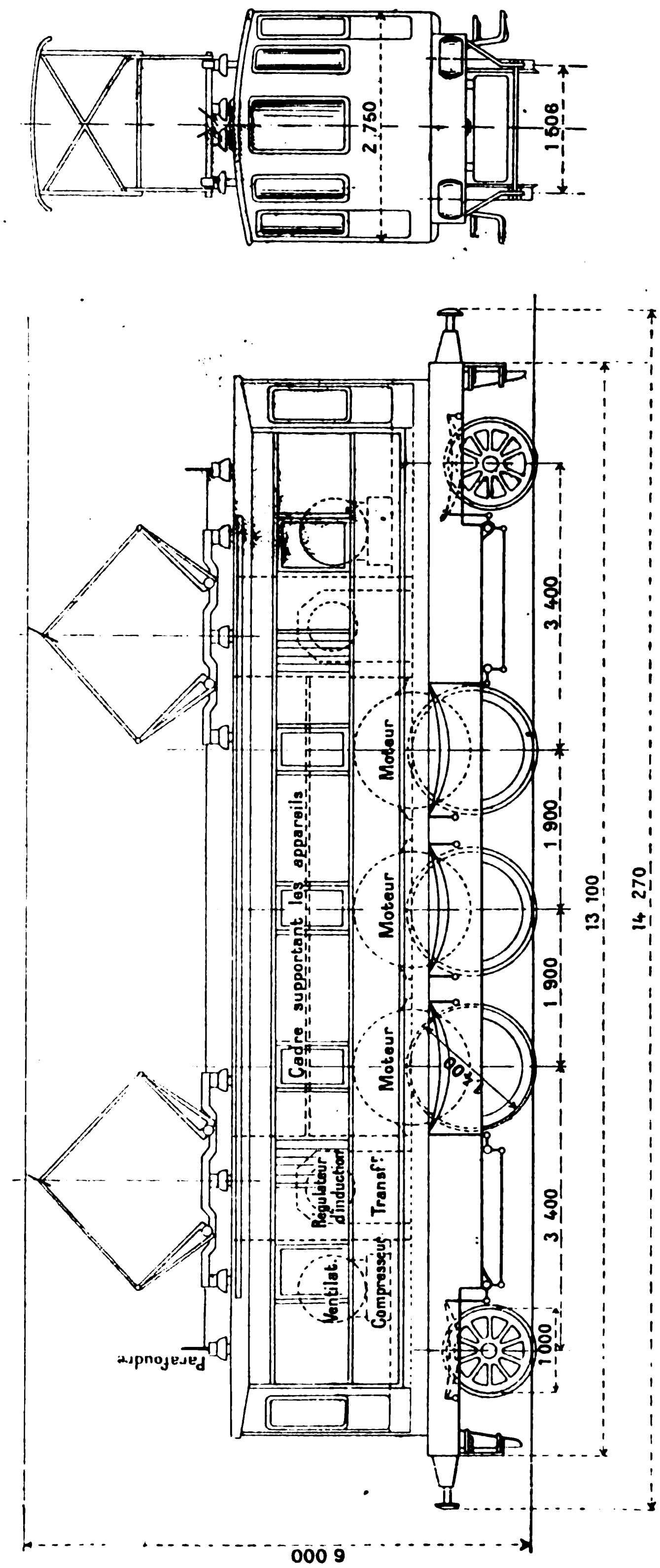


Fig. 2 et 3. — Vue d'ensemble et vue en élévation de la locomotive des Ateliers du Nord et l'Est.

de choc et de traction sont d'un type spécial renforcé | employé couramment à la Compagnie du Midi.

Freinage. — Les cylindres de frein et les réservoirs sont du type Westinghouse. Les sabots sont au nombre de six (un par roue motrice): ils sont actionnés, soit par deux cylindres de frein à air fixés sur les longerons à une même extrémité de châssis, soit par deux commandes de frein à vis indépendantes l'une de l'autre, ainsi que de la timonerie de frein à air.

Les appareils de manœuvre du frein à air et du frein à vis existent dans chacune des cabines extrêmes de la locomotive afin de pouvoir faire fonctionner le frein dans les deux sens de marche.

Sablières. — Elles fonctionnent par l'air comprimé, — les appareils spéciaux sont du système Gresham, — et comme pour le frein elles peuvent être commandées de chaque cabine extrême de la locomotive.

Les boîtes à sable, au nombre de quatre, sont fixées extérieurement aux longerons, afin de permettre le remplissage facile; il en existe deux à chaque extrémité de chaque côté, disposées à proximité des essieux moteurs extrêmes pour permettre le sablage des roues motrices dans les deux sens de marche.

Essieux moteurs. — *Roulement.* — Les essieux moteurs ne sont pas reliés mécaniquement entre eux, ils sont attaqués chacun par un moteur et par l'intermédiaire d'engrenages et d'une transmission que nous allons décrire.

Le moteur est fixé au châssis rigidement et juste au-dessus de l'essieu-moteur. Il est muni à sa partie inférieure de deux paliers dans lesquels tourne un arbre creux qui normalement est concentrique à l'essieu. Sur cet arbre est calée la roue d'engrenage qu'entraîne le pignon du moteur. Les engrenages employés sont à chevrons interrompus, et réduisent la vitesse angulaire dans le rapport de 1 à 2,72.

Le diamètre des roues et le rapport de réduction sont tels que la vitesse de la locomotive en kilomètres-heure est, à 5 pour 100 près, le dixième de la vitesse angulaire des moteurs.

L'arbre creux attaque les roues d'essieux par un accouplement élastique constitué de la manière suivante :

L'arbre creux porte à chacune de ses extrémités deux bras B (voy. fig. 4), munis de coussinets en bronze qui prennent deux tourillons opposés diamétralement et disposés radialement sur une couronne C.

Cette couronne est concentrique à l'essieu, elle est située entre les deux bras B et la roue; elle porte deux autres tourillons t_2 situés à 90° des tourillons précédents. Ces tourillons tournent et glissent librement dans des coussinets c_2 logés dans des boîtes p_2 fixées à la roue, et

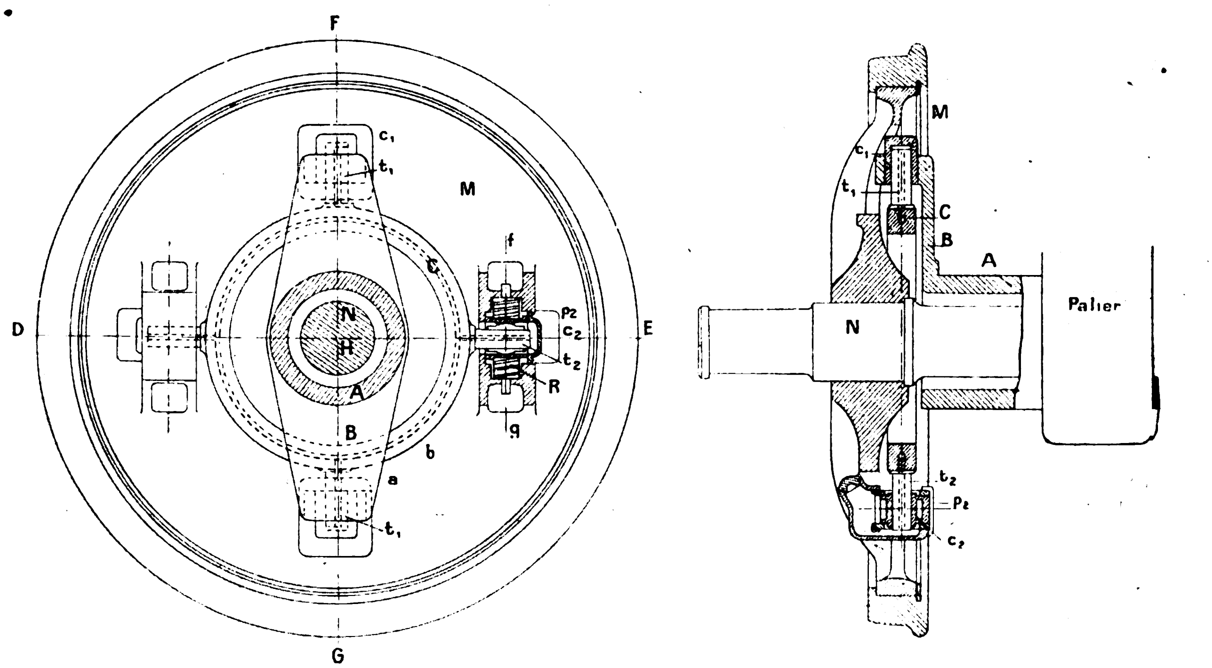


Fig. 4. — Dispositif d'entraînement des roues.

dans lesquelles ils peuvent se déplacer parallèlement à l'essieu, ce qui permet un certain jeu latéral de la roue par rapport à la couronne C.

Ces dispositifs permettent des rotations du système d'accouplement autour des axes DE et FG, d'où une grande indépendance de l'essieu par rapport au châssis et au moteur.

D'autre part, entre les boîtes et les roues se trouvent des ressorts R qui avec ceux du châssis complètent la suspension des croisillons. Ces ressorts ont aussi pour but d'absorber la partie alternative du couple des moteurs monophasés et d'assurer un contact constant entre les dents des engrenages.

Ces dispositifs donnent une souplesse dans les démarrages et un roulement excellent en marche que l'on ne rencontre dans aucune locomotive à bielles.

Partie électrique. — *Circuit à haute tension.* — Le courant est pris à la ligne de contact à 12 000 volts par l'intermédiaire de deux pantographes. Il passe ensuite dans des cabines complètement protégées contenant les appareils ci-dessous :

1 bobine de self (qui complète des parafoudres à cornes placés sur le toit de la locomotive pour la protection des appareils contre les décharges atmosphériques).

3 sectionneurs à couteau, dont un pour le circuit général et un pour chaque transformateur.

1 disjoncteur à huile à déclenchement à maximum de courant.

1 transformateur d'intensité pour l'alimentation du déclenchement du disjoncteur précédent.

1 transformateur d'intensité pour l'alimentation des appareils de mesure, ampèremètre, wattmètre.

1 transformateur de tension pour l'alimentation des appareils de mesure, voltmètre, wattmètre.

1 coupe-circuit avec fusible pour la protection du transformateur de tension précédent.

Chaque transformateur est alimenté au primaire sous la tension maxima.

Pantographes. — Les pantographes sont du type à parallélogramme articulé; les articulations sont à roulements à billes. Les frotteurs sont en cuivre rouge, ils sont portés par un tube mobile autour d'un axe horizontal situé au sommet du parallélogramme.

Les pantographes sont maintenus levés par l'action de ressorts agissant sur des leviers coudés; les ressorts sont réglables pour varier la pression des frotteurs.

L'abaissement des pantographes servant à capter le courant à haute tension se fait par l'intermédiaire d'un cylindre pneumatique commandé de chaque cabine; l'air comprimé agit sur un piston indépendant de la tige, sauf lorsque le piston pousse celle-ci pour bander les ressorts. La transmission de l'effort du piston se fait par l'intermédiaire d'une chaine qui se tend lorsque le piston tend à faire baisser le pantographe, de sorte que, en dehors de la manœuvre de l'abaissement, le pantographe est indépendant du système pneumatique.

Lorsque le pantographe est baissé, deux mains prennent les tiges du piston et les maintiennent à fond de course, les ressorts sont alors bandés, les pantographes sont dans une position fixe et baissée.

La manœuvre des mains se fait par l'intermédiaire de cordelettes et de leviers à poignée isolante situés dans chaque cabine. Un verrouillage entre les cordelettes et les portes des cabines à haute tension empêche l'ouverture de ces portes si les pantographes ne sont point baissés. Un autre verrouillage empêche de lever les pantographes si les portes sont ouvertes.

Une perche isolée permet aussi de faire les manœuvres des pantographes en cas d'absence d'air comprimé.

L'entrée du courant haute tension dans la locomotive se fait par un isolateur étanche fixé dans le toit, et percé dans sa partie centrale, pour le passage du conducteur.

Disjoncteur à haute tension. — Le disjoncteur haute tension est à huile, il comprend quatre contacts à mâchoires et deux couteaux; la fermeture du disjoncteur commence d'abord par la mise en série d'une résistance avec le primaire des transformateurs, c'est la manœuvre qu'effectue un couteau. Le second couteau court-circuite, à la fin de la fermeture, la résistance et les transformateurs sont alimentés. Cette résistance a pour but d'amortir l'à-coup du courant qui se produit lorsqu'on met directement un transformateur sous tension; cette résistance est constituée par un fil de maillechort enroulé autour de cylindres en porcelaine.

Les diverses commandes du disjoncteur sont les suivantes :

Commande à main. — Elle s'effectue par une manette isolée placée à l'intérieur de la locomotive, et près du disjoncteur.

Commande à l'air comprimé. — Elle s'effectue à l'aide d'un robinet placé dans chaque cabine, et à la portée de la main du wattmann.

Ces manœuvres sont destinées à l'enclenchement; pour le déclenchement on dispose d'une poignée située dans chaque cabine au-dessus du manipulateur.

Le déclenchement peut être automatique lorsqu'il y a surcharge en intensité, un transformateur de courant alimente à cet effet un appareil de déclenchement.

Circuit basse tension. — Le circuit basse tension est constitué principalement par les divers enroulements des:

1° Transformateurs et régulateurs.

2° Des induits et inducteurs des moteurs.

Il y a en outre, comme appareils auxiliaires :

Un inverseur, un relai d'intensité réglable et un conjoncteur ou interrupteur permettant d'ouvrir ou de fermer le circuit basse tension.

Les secondaires des transformateurs sont montés en série entre eux, et avec les induits et inducteurs des moteurs. Il en résulte que tout le circuit basse tension est prévu pour le courant normal; on peut donc isoler l'un quelconque des transformateurs ou des moteurs, et continuer la remorque d'un train à charge réduite ou à vitesse réduite en cas d'avarie éventuelle à l'un quelconque de ces appareils; à cet effet des barettes amovibles sont prévues. A la sortie de chaque transformateur, on a placé des fusibles.

Transformateurs. — Il y a deux transformateurs d'égale puissance et à refroidissement par ventilation forcée, ils sont à tension variable entre certaines limites.

Ils comportent un transformateur proprement dit, abaissant à 240 volts la tension primaire de 12000 volts, et un régulateur d'induction produisant une tension maxima de 140 volts qui s'ajoute et se retranche à la tension du transformateur.

Une particularité de la construction réside dans ce fait

que le régulateur d'induction se trouve dans la culasse du transformateur; d'où économie de poids.

Le régulateur d'induction est dans sa plus simple expression un moteur d'induction monophasé; suivant la position du rotor par rapport au stator, la tension statique induite dans le rotor mis en série avec le secondaire du transformateur s'ajoute à celle du transformateur ou s'en retranche; le rotor fait une demi-révolution pour produire la variation demandée de + 140 v à — 140 v.

La tension totale disponible par transformateur varie

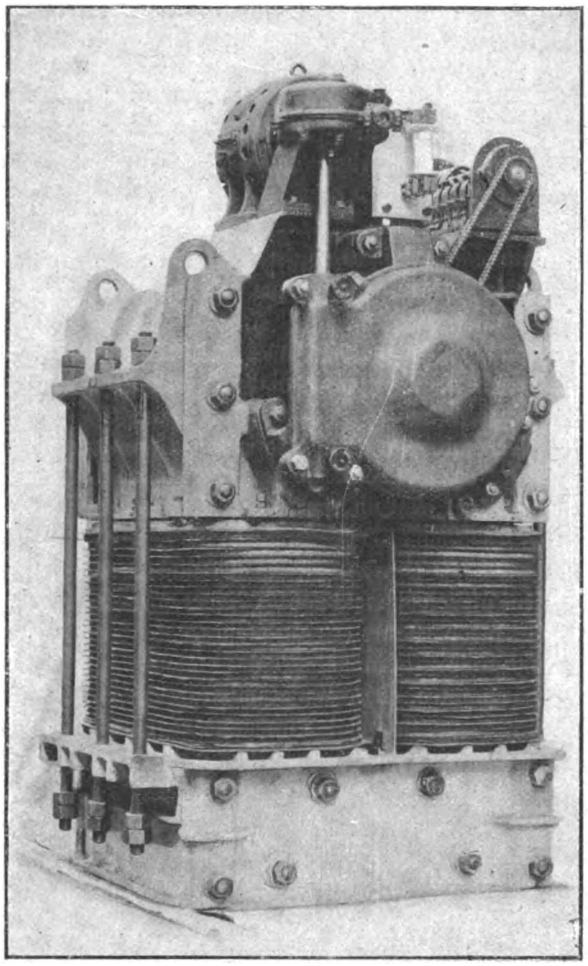


Fig. 5. — Vue du transformateur-régulateur.

entre 240 v — 140 v = 100 v et 240 + 140 = 380 v, ce qui donne pour les secondaires des transformateurs mis en série 200 et 760 volts.

La variation de la tension entre ces limites est absolument continue et toute tension intermédiaire peut être obtenue facilement.

Ce système présente un avantage considérable d'extrême souplesse et d'entretien minime sur les transformateurs à prises multiples, qui nécessitent nécessairement des contacteurs ou contrôleurs dont l'entretien des contacts est considérable.

Le stator du régulateur est alimenté par le secondaire du transformateur; une connexion de court-circuit existe entre deux points diamétralement opposés et à 90° des points d'alimentation. Cette connexion joue le rôle spécial suivant : le courant basse tension traversant le rotor crée un flux ayant une direction fixe par rapport au rotor, mais variable avec la position de celui-ci.

Ce flux peut être décomposé en deux flux rectangulaires, l'un ayant la direction du flux du transformateur, l'autre une direction perpendiculaire. Le premier se compose avec celui du transformateur; le second donne naissance à un courant dans la connexion de court-circuit : ce courant produit un flux de sens contraire au second flux et l'annule presque complètement.

Si ce flux n'était pas annulé, il produirait une assez forte chute inductive.

Des dispositifs spéciaux et très ingénieux de combinaisons d'enroulements ont été réalisés pour assurer une égale répartition du flux dans les deux dérivations du circuit magnétique du régulateur et la superposition des ondes des tensions du transformateur et du régulateur.

La rotation du rotor du régulateur d'induction s'obtient par un petit moteur dont le mouvement de rotation est transmis par deux réductions par vis sans fin de rapports 1/31 et 1/33.

Un contrôleur auxiliaire placé sur le transformateur et commandé par chaîne Galle permet d'obtenir l'asservissement du courant de commande d'après la position du rotor du régulateur.

Moteurs. — Les moteurs sont du type série compensé le rotor ne diffère pas d'un induit de machine à courant continu.

Le stator comporte trois enroulements :

1° Un enroulement série comportant une seule spire par pôle.

2° Un enroulement de compensation.

3° Un enroulement de commutation, logé dans les mêmes encoches que l'enroulement de compensation.

Avec ces divers enroulements, on effectue les couplages correspondants aux connexions en moteur série ou en moteur à répulsion par l'intermédiaire d'un contrôleur ou coupleur placé au-dessus de chaque moteur.

Moteur série. — Le schéma simplifié du moteur est celui représenté par la figure 6. L'enroulement de commutation est connecté en parallèle avec l'enroulement de compensation; les nombres de spires et les sections diffèrent et sont tels que le courant des enroulements de commutation est décalé sur courant principal pour créer un champ de commutation dans la spire en court-circuit sous les balais; ce champ de commutation est contraire au champ alternatif agissant sur la spire en court-circuit.

En disposant judicieusement de ces divers éléments, les moteurs de la locomotive ont pu être construits pour que les limites de bonne commutation soient très étendues.

Dans la marche en moteur série, la tension maxima

appliquée aux bornes de chaque moteur est de 250 volts, la tension minima d'environ 67 volts.

Moteur à répulsion. — Pour les démarrages à couple élevé et pour la marche à faible vitesse, on effectue le couplage indiqué par le schéma ci-dessous, et correspondant au fonctionnement en moteur à répulsion (voy. fig. 7).

On a ainsi une bonne commutation caractéristique du moteur à répulsion pour la faible vitesse.

Dans la marche en moteur à répulsion, les enroulements de commutation ne sont pas connectés aux enroulements de compensation; ils sont couplés en parallèle et établissent un biellage électrique de la façon suivante :

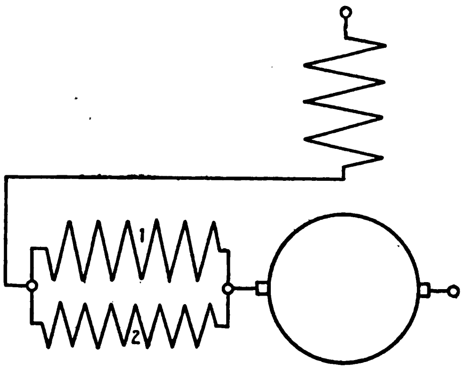


Fig. 6. — Couplage en moteur-série.

Si l'un des moteurs a tendance à tourner plus vite que les autres, son enroulement de commutation est le siège d'une tension plus élevée que celle des enroulements correspondants des autres moteurs.

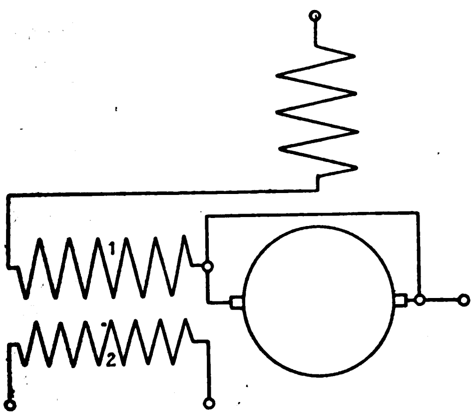


Fig. 7. — Couplage en moteur à répulsion.

Un courant de circulation prend naissance dans les enroulements de commutation, et dans un sens tel qu'il fait augmenter la vitesse des autres moteurs en faisant ralentir le moteur qui tourne le plus vite.

On conçoit alors qu'il y ait un régime d'égalité de vitesse pour les moteurs par suite de l'accouplement en parallèle des enroulements de commutation.

La suppression des bielles constitue un avantage et un progrès immense dans la traction ; les bielles mécaniques exigent, en effet, un entretien considérable, un graissage très soutenu et exposent la locomotive à des pannes soit par chauffage ou rupture.

Ajoutons qu'une locomotive dont trois essieux sont moteurs et sur lesquels les charges sont bien réparties, tout en étant pourvue d'un biellage électrique, se passe avantageusement de bielles mécaniques. Il était intéressant d'obtenir une locomotive exempte de bielles et répondant au programme de la Compagnie des Chemins de Fer du Midi.

Récupération. — Pour le fonctionnement en récupération, on substitue à l'excitation série des moteurs une excitation indépendante qui néanmoins est liée au réseau par le système que nous expliquons plus loin. Les moteurs fonctionnent en génératrice shunt avec la fréquence du courant d'excitation, fréquence égale à celle du réseau, constante aussi bien en génératrice qu'en moteur pour une tension fixée par les régulateurs. La vitesse de fonctionnement varie donc avec la tension des régulateurs.

D'autre part, en récupération, les moteurs fonctionnent en parallèle avec les alternateurs du réseau; il est donc nécessaire que la tension des moteurs ait par rapport à la tension de ligne une grandeur et une phase convenables quelle que soit la vitesse de la locomotive.

Pour la grandeur, on agit sur la tension des régulateurs sans agir sur celle des moteurs; pour la phase, il faut alimenter convenablement les inducteurs de la manière que nous expliquons ci-dessous :

La force électro-motrice induite dans les moteurs par rotation est en phase avec le flux d'excitation, et celui-ci est en phase avec le courant des inducteurs qui est décalé de presque 90° sur la tension aux bornes de ces inducteurs.

La tension d'excitation des inducteurs des moteurs doit donc être décalée de 90° sur la tension du réseau; on l'obtient à l'aide d'un enroulement auxiliaire placé, sur le stator des moteurs de compresseurs, à 90° de l'enroulement de travail alimenté par le réseau.

On a ainsi aux bornes des induits des moteurs une tension presque en phase avec celle des transformateurs (basse tension).

Toutefois, lorsque les moteurs débitent en génératrice, la direction des vecteurs ne se conserve pas aussi simplement; la réactance des fuites des moteurs déphase la tension des moteurs par rapport à celle de la ligne. Il faut tenir compte également des fuites de transformateurs.

La réactance des fuites des moteurs est environ trois fois plus grande que la résistance, de telle sorte que, dans les conditions ci-dessus, le débit en génératrice ne pourrait se faire qu'avec un fort déphasage, le couple serait alors considérablement réduit.

Le diagramme (fig. 8) montre ce qu'il en serait dans une telle hypothèse; dans ce diagramme les représentations des vecteurs sont les suivantes :

OA, tension induite dans les moteurs;

AB, tension de réactance des fuites;

BC, tension de chute ohmique;

OC, tension de ligne (transformateur);

OI, courant de récupération;

OD, tension appliquée aux moteurs de compresseurs;

OE, tension appliquée aux inducteurs des moteurs qui est donnée par la phase à 90° des moteurs de compresseurs.

Pour réduire le déphasalage entre le courant et le flux il faut exciter les moteurs avec une tension déphasée de plus de 90° par rapport à la ligne, ce résultat est obtenu automatiquement par le transformateur de compoundage, qui décale la tension primaire du transformateur rotatif de phase.

Le diagramme précédent se modifie, et le courant peut être mis, par suite, à la phase voulue; le diagramme est

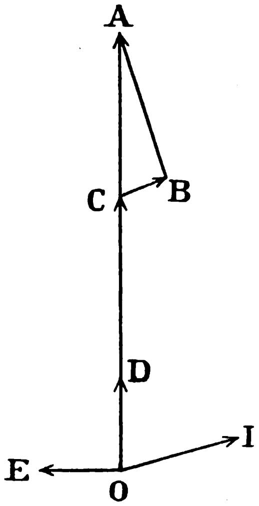


Fig. 8.

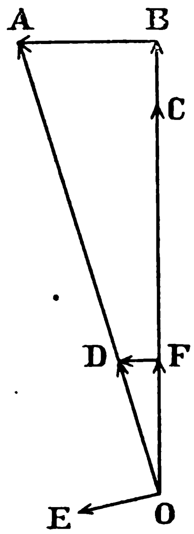


Fig. 9.

celui représenté par la figure 9 où la signification des vecteurs portant les mêmes lettres est la même que précédemment; en outre : DF représente la tension donnée par le transformateur de récupération, OF est la tension donnée par le régulateur.

En réalité, le déphasage avant de la tension des moteurs est obtenu d'une façon plus complexe.

Transformateurs rotatifs de phase. — Les moteurs de compresseurs servent de transformateurs de phase par un enroulement auxiliaire placé à 90° de l'enroulement de travail. Ces moteurs sont du type Latour. Un enroulement supplémentaire sur le stator permet le fonctionnement à vitesse sensiblement constante; avec cet enroulement, on a mis en série le secondaire d'un transformateur dont le primaire, mis en parallèle avec une résistance, est parcouru par le courant d'excitation des moteurs principaux. (Voy. fig. 10.)

Ce système permet d'avoir pour les moteurs des compresseurs, un facteur de puissance voisin de l'unité aussi bien dans la marche en moteur que dans la marche en transformateur de phase.

Avec le circuit principal des moteurs de compresseurs sont mis en série :

1° Le secondaire d'un transformateur dont le primaire est alimenté par la phase à 90° des moteurs de compresseurs;

2° Le secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par le courant de récupération.

Ce dernier transformateur est appelé transformateur de récupération; le précédent, transformateur de compensation.

Transformateur de récupération. — Ce transformateur, destiné à compenser le décalage dû à la dispersion des induits des moteurs, comporte trois enroulements distincts :

1° un enroulement parcouru par le courant de récupération;

2° un enroulement parcouru par le courant des transformateurs de phase;

3° trois enroulements distincts et dérivés chacun sur les enroulements de compensation des moteurs.

Les enroulements désignés sous 1° et 3° produisent des ampères-tours concordants.

Transformateur de compensation. — En traversant le secondaire du transformateur précédent, le courant des transformateurs rotatifs produit une chute inductive que le transformateur de compensation est destiné à compenser;

Ce transformateur comprend :

1° un enroulement branché aux bornes de la phase auxiliaire d'excitation d'un transformateur de phase.

2° un enroulement parcouru par le courant des transformateurs de phase.

Ce transformateur donne une tension à 90° de la tension appliquée aux bornes des moteurs de compresseurs.

Le circuit des transformateurs de phase est alimenté par le secondaire d'un transformateur principal, et par la prise à 110 volts de l'autre transformateur.

Pour la marche en moteur de compresseur, on peut alimenter par le secondaire seul d'un transformateur.

Mise en marche des moteurs de compresseurs. — Une seule manette sert à la manœuvre de deux contrôleurs placés à l'intérieur de la locomotive.

Le premier contrôleur permet de brancher des circuits des moteurs de compresseurs sur l'un ou l'autre des transformateurs.

Le second contrôleur permet d'abord de démarrer les moteurs en série, puis d'effectuer le couplage en moteur shunt lorsque la vitesse est suffisante; le démarrage s'effectue donc en deux temps.

Chaque moteur de compresseur peut fonctionner indépendamment de l'autre, un interrupteur d'isolement est prévu dans chaque cabine voisine.

Pour la marche en récupération, les deux transformateurs rotatifs sont nécessaires à l'excitation des moteurs.

Circuit de commande. — Les divers couplages à effec-

tuer avec les circuits principaux pour les différentes marches sont les suivants :

1° Couplage des inducteurs et induits avec transformateurs régulateurs pour marche avant ou arrière. A chacune des marches avant et arrière correspondent les couplages en moteurs série ou en moteurs à répulsion.

2° Couplages des induits avec transformateurs régulateurs et des inducteurs avec transformateurs de phase excitateurs par marche en récupération avant ou arrière.

3° Fermeture du circuit basse tension par le conjoncteur.

4° Augmentation de vitesse par augmentation de tension des transformateurs.

5° Diminution de vitesse par diminution de tension des tranformateurs.

6° Position du *statu quo* en maintenant constante la tension des transformateurs.

Manipulateur-pédale. — Toutes ces manœuvres sont commandées par un petit manipulateur à deux cylindres et à l'aide d'une pédale placée près du manipulateur, à la portée du pied du wattmann.

Les manœuvres sont effectuées par les servo-moteurs commandant les appareils de couplage.

Lampes de signalisation. — Dans chaque cabine, des lampes de signalisation indiquent dans quelle position se trouvent les appareils de couplage ; le wattmann contrôle donc si les manœuvres commandées sont bien effectuées.

Manipulateur. — Le cylindre de droite du manipulateur comporte cinq crans, un pour le zéro, et quatre autres pour chacun des couplages correspondant aux marches avant et arrière et récupération avant et arrière.

Le cylindre de gauche comporte cinq crans numérotés 00, 0, 1, 2, 3.

Le cran 00 correspond à l'isolement complet du circuit de commande.

Le cran 0 correspond à la position de tension minima des transformateurs régulateurs et à l'ouverture du circuit basse tension par déclenchement du disjoncteur.

Le cran 1 correspond à la fermeture du circuit basse tension par enclenchement du disjoncteur à tension minima des transformateurs, il correspond aussi à la tension minima des transformateurs et à la diminution de tension.

Le cran 3 correspond à l'augmentation de tension des transformateurs.

Le cran 2 correspond au maintien d'une tension obtenue sur les crans 1 ou 2.

Un enclenchement mécanique entre deux cylindres du manipulateur empêche les fausses manœuvres.

Par exemple, pour pouvoir manœuvrer la manette de gauche, il faut que celle de droite soit sur une position bien déterminée avant ou arrière et récupération avant ou arrière. Pour passer d'une position à l'autre avec la manette de droite, il faut que la manette de gauche soit sur le cran 0, qui correspond à l'ouverture du circuit basse tension.

Pédale. — Chaque pédale, lorsqu'elle est baissée, sert à commander le couplage des moteurs en moteur à répulsion; levée, elle commande le couplage des moteurs en moteurs série.

Servo-moteurs. — On a adopté pour la commande des appareils auxiliaires des servo-moteurs de préférence aux contacteurs, ils sont très robustes, ils ne demandent aucun entretien comparativement aux contacteurs; les circuits qu'ils exigent sont très simples.

Ces sont des moteurs du type à répulsion ; leur stator comporte trois enroulements spéciaux couplés en étoile; il y a donc trois bornes dont une est connectée au fil de terre du circuit de commande. En alimentant le servo-moteur par l'une ou l'autre des deux autres bornes, on obtient la rotation dans un sens ou dans l'autre.

Ces servo-moteurs sont alimentés par un courant alternatif à 110 volts obtenu par une prise auxiliaire de chaque transformateur. Le courant du circuit de commande peut être pris sur l'un ou sur l'autre des transformateurs par l'intermédiaire d'un inverseur unipolaire.

Relais d'intensité. — Le relais d'intensité est constitué par les éléments d'un moteur dont la rotation du rotor est limitée à environ 1/4 de tour. Dans cette fraction de tour, un contact auxiliaire peut être établi ou supprimé; ce contact est dans le circuit de commande des servomoteurs des régulateurs.

Si l'intensité qui traverse le stator du relais dépasse une certaine valeur, le contact auxiliaire du rotor rompt le contact d'alimentation des servo-moteurs des régulateurs, et la tension ne peut plus augmenter; de même l'intensité. Lorsque l'intensité retombe au-dessous de la valeur qui fait fonctionner le relais, ce dernier rétablit le contact, et les servo-moteurs des régulateurs peuvent à nouveau augmenter la tension.

En alimentant d'une façon constante le fil qui donne la tension sur les servo-moteurs des régulateurs en passant par le relais, on pourra avoir un démarrage sous intensité constante, le relais d'intensité se chargeant de paralyser les servo-moteurs des régulateurs lorsque l'intensité atteint une certaine valeur.

Cette valeur est sensiblement constante et est accompagnée du phénomène curieux suivant : lorsque le relais d'intensité fonctionne, le contact auxiliaire coupe le circuit de commande, mais la distance de rupture n'est pas suffisante pour couper le courant si l'intensité basse tension n'est pas trop forte; un arc très faible subsiste, cet arc absorbe une certaine tension et le servo-moteur continue d'être alimenté sous une tension réduite, différence entre 110 volts et la tension de l'arc.

Par suite, les servo-moteurs tournent à une très faible distance, permettant l'augmentation continue de la tension. On constate ainsi, en service, des démarrages sous

une intensité qui est constante à moins de 1 pour 100 près.

Cette intensité est réglable à volonté entre 1000 et 2200 ampères.

On peut se libérer du relais d'intensité par un interrupteur placé près du manipulateur et à la portée de la main du wattmann, cet interrupteur court-circuite le contact auxiliaire du relais d'intensité.

Inverseur. — Les couplages des induits par rapport aux inducteurs avec les transformateurs sont effectués par un appareil genre contrôleur appelé « inverseur », et commandé par un servo-moteur. L'appareil est constitué par un cylindre mobile autour d'un axe horizontal, comportant une série de segments en cuivre convenablement disposés. Les doigts réunis aux extrémités des divers enroulements des moteurs et des transformateurs permettent les combinaisons nécessaires pour le sens et pour le genre de marche désirés.

Des segments et contacts auxiliaires permettent le contrôle du circuit de commande servo-moteur.

L'inverseur peut prendre quatre positions distinctes déterminées par des positions correspondantes du cylindre de droite du manipulateur et indiquées sur ce dernier par les lettres : 1° AV ; 2° REC ; 3° AR ; 4° REC.

Le schéma général (fig. 10) donne les connexions principales et auxiliaires et permet de suivre les combinaisons qui s'effectuent lorsqu'on manœuvre le manipulateur.

Nous ne suivrons pas le chemin du courant dans les divers circuits de commande, nous laisserons au lecteur que la question intéresse, le soin de le faire; nous sommes persuadés qu'il y parviendra, étant donné la simplicité des circuits et des asservissements.

Nous donnerons seulement les manœuvres à effectuer pour montrer toute la simplicité de celles-ci pour la locomotive.

Avec la manette de droite, on détermine les connexions pour le sens de marche désiré avant ou arrière, connexions effectuées par l'inverseur. Avec la manette de gauche, et prenant pour repère l'index, nous le plaçons d'abord sur zéro, puis sur 1, le conjoncteur basse tension s'enclenche. On place alors l'index sur 3, l'intensité basse tension augmente, la locomotive démarre et se met en vitesse. L'intensité est limitée par le relais d'intensité; si l'on juge que la mise en vitesse n'est pas assez rapide, on manœuvre l'interrupteur du relais tout en surveillant l'ampèremètre, afin de ne pas atteindre une intensité dangereuse.

Lorsque l'on juge la vitesse suffisante, on place l'index sur 2.

Si l'on veut ralentir, on place la manette sur 1 ; lorsque la vitesse est convenable on place la manette sur 2.

Pour arrêter la locomotive, on ramène la manette sur 1. L'intensité baisse, on place la manette sur 0, le conjoncteur basse tension s'ouvre. On freine alors à l'aide du frein Westinghouse.

Pour les démarrages, en rampe ou sous forte charge ou à grande accélération et quand le patinage est à redouter par suite de l'état de la voie, on démarre avec les moteurs couplés en moteurs à répulsion.

Le couplage s'effectue par l'intermédiaire de pédales placées près des manipulateurs.

Pour réaliser le couplage en moteurs à répulsion, on appuie sur la pédale ; les lampes de signalisation indiquent que le couplage est effectué.

Pour déterminer la manœuvre, on fait comme pour le démarrage en moteur à l'aide de la manette de gauche, tout en maintenant constamment le pied sur la pédale ; la vitesse augmente en même temps que la tension.

Lorsqu'on a atteint la vitesse de 10 à 12 kilomètres, on ramène la manette sur 1, et lorsque l'intensité basse tension est tombée à environ 600 ampères, on lâche la pédale et on augmente la vitesse en marchant en série.

On pourrait laisser le couplage série s'établir automatiquement par l'appareil à force centrifuge.

Nous insistons un peu sur le circuit de commande de la récupération, et le fonctionnement en récupération.

Nous avons déjà vu comment se fait le couplage des excitations des moteurs principaux sur la phase auxiliaire des moteurs de compresseur, par l'intermédiaire de l'appareil de changement de sens de marche. Nous supposons donc les moteurs excités par les transformateurs rotatifs de phase et les induits convenablement connectés pour la récupération d'après le sens de marche.

La tension aux bornes des induits augmente avec la vitesse, car l'excitation est à peu près constante ; comme d'autre part, les transformateurs ont une certaine tension et que moteurs et transformateurs sont en série, il existe une tension résultante des deux précédentes, et cette tension est disponible aux bornes du conjoncteur basse tension qui est ouvert.

Un relais que l'on appelle relais de récupération est alimentée par la tension disponible aux bornes du conjoncteur basse tension. Lorsque cette tension descend à une certaine valeur de 80 à 110 volts, le relais tombe et établit un contact qui permet la fermeture automatique du conjoncteur basse tension en établissant la tension sur le circuit du servo-moteur dudit conjoncteur. Toutefois, il faut encore que l'appareil à force centrifuge établisse un certain contact, ce qui n'a lieu que si la vitesse est supérieure à 20 kilomètres à l'heure environ.

Pour l'établissement de la récupération il faudra donc ajuster la tension des régulateurs à celle des moteurs pour permettre la fermeture du conjoncteur basse tension.

Le conjoncteur étant fermé, la différence des tensions des moteurs et de la ligne permet la récupération, si toutefois la phase et la tension des moteurs sont convenables. La phase est obtenue automatiquement par le transformateur rotatif de phase et par le transformateur de récupération avec les accessoires comme il est expliqué plus haut.

Le conjoncteur étant fermé, au bout de quelques instants on récupère nécessairement, le régime s'établit à une vitesse qui correspond à la tension des régulateurs.

Si donc on veut modifier la vitesse de récupération, on modifiera la tension des régulateurs; or, pour récupérer, la tension des moteurs doit être légèrement supérieure à celle des régulateurs, d'autre part, la tension des moteurs augmente avec la vitesse; on devra donc, pour récupérer à une vitesse supérieure à celle de l'instant considéré, augmenter la tension des régulateurs.

Pendant les quelques instants de l'augmentation de tension des régulateurs, on ne récupère pas, et même il peut se faire que l'on accélère en moteur shunt si la tension des régulateurs prend une certaine valeur par rapport à celle des moteurs.

On peut donc, en augmentant la tension des régulateurs, passer à une vitesse de récupération supérieure plus rapidement que si on laissait agir la pesanteur (et ceci sans abandonner les couplages des connexions de récupération).

Pour diminuer la vitesse de récupération, on diminuera la tension des régulateurs, mais pour cela il faut procéder par petites diminutions successives, sinon, outre l'énergie due à la pesanteur, on rendrait sous forme d'énergie électrique une partie de la force vive emmagasinée dans le train. Si l'on avait un réseau très puissant, une manœuvre brusque n'aurait pas d'importance, le relais d'intensité se chargerait d'ailleurs de limiter la puissance récupérée en empêchant le régulateur de diminuer trop la tension, ce qui limite la récupération par limitation de l'intensité.

Le relais de récupération est doublé d'un voltmètre branché aux bornes du conjoncteur basse tension : lorsque la tension indiquée par ce voltmètre est inférieure à 120 volts, on place la manette sur 2, et on attend le fonctionnement du relais de récupération qui enclenche le conjoncteur.

Dès lors les manœuvres à effectuer pour la récupération sont les suivantes :

On place la manette de droite du manipulateur dans la position qui correspond à la récupération.

Avec la manette de gauche du manipulateur, on augmente la tension des régulateurs en plaçant l'index sur 3; lorsque le voltmètre branché aux bornes du conjoncteur basse tension indique environ 120 volts, on place l'index de la manette de gauche sur le cran 2 et on attend le fonctionnement du relais de récupération; ce relais, en tombant, établit la tension par l'intermédiaire de l'appareil à force centrifuge sur le servo-moteur du conjoncteur basse tension; celui-ci se ferme et le circuit de récupération est établi, on s'en aperçoit à l'ampèremètre basse tension.

Lorsque la récupération est obtenue, si l'on veut accélérer, on place l'index de la manette sur 3; si l'on veut ralentir, on place l'index sur 1; si l'on veut conserver la vitesse de l'instant, on place l'index sur 2.

Les manœuvres à effectuer pour diminuer ou augmenter la vitesse sont donc les mêmes que celles de la marche normale.

Lorsque la vitesse descend au-dessous de 20 kilomètres, la récupération est coupée automatiquement par l'appareil à force centrifuge; la récupération ne peut d'ailleurs s'établir que si la vitesse de la locomotive est supérieure à 20 kilomètres environ.

Résultats des essais. — *Essais de roulement.* — Les premiers essais effectués sur la locomotive furent des essais de résistance au roulement en palier et en pente de 9 mm.

En tenant compte de l'inertie des parties tournantes qui sont de :

1° 910 kgm² pour chaque moteur;
2° 1930 » » essieu-moteur;
3° 310 » » essieu-porteur:

on obtient les formules suivantes pour résistance au roulement :

$$R = \frac{V_1^2 - V_2^2}{L}\ 0,595 \text{ en palier;}$$

$$R = 9\ \frac{V_2^2 - V_1^2}{L}\ 0,595 \text{ en pente de 9 m/m.}$$

V_1 et V_2 étant les vitesses extrêmes pour un parcours L, la locomotive étant abandonnée à elle-même.

La résistance R est exprimée en kilogramme par tonne si les vitesses sont exprimées en mètres par seconde et les longueurs en mètres.

L'augmentation d'inertie due aux parties tournantes pour les variations de vitesse est d'environ 16,5 pour 100 de celle correspondant au poids de la locomotive.

En appliquant ces formules aux mesures effectuées avec un chronographe sur des parcours de 100 et 50 mètres, on obtient les résultats suivants :

Vitesse en km : heure.	R en kg : tonne.	Vitesse en km : heure.	R en kg : tonne.
5	3,75	30	4,5
10	3,8	35	4,75
15	3,9	40	5
20	4,1	45	5,35
25	4,3	50	5,8

Ces nombres correspondent à des résultats qui comprennent toutes les résistances dues aux influences extérieures et en particulier celle due à la déformation de la voie.

Essais de vitesse. — La partie du profil la plus dure est la rampe de 17 millimètres par mètre entre Marquixanes et Prades sur une longueur d'environ 5,3 km; on y rencontre en outre des courbes nombreuses. Dans cette rampe, lors des essais officiels, la vitesse de régime n'est jamais descendue au-dessous des nombres du cahier des charges avec les trains de 100 et 280 tonnes, bien que la tension ne soit pas maintenue à 12 000 volts par suite de la chute de tension en ligne, et de l'insuffisance de la puissance disponible.

C'est là un résultat intéressant qui avait été très difficile à obtenir jusqu'à présent.

En régime, sur rampe de 17 mm, les résultats suivants ont été obtenus :

CHARGE REMORQUÉE EN TONNES.	VITESSE EN KM : HEURE.	PUISSANCE ABSORBÉE EN KW.	TENSION EN LIGNE EN VOLTS.	INTENSITÉ		COS φ.	TENSION BASSE EN VOLTS.
				HAUTE TENSION EN AMP.	BASSE TENSION EN AMP.		
280	41	1100	10 300	120	1625	0,89	650
100	61	850	11 300	80	1100	1,915	700

Dans ces nombres sont comprises les consommations des services auxiliaires : compresseurs, etc...

Lorsque la locomotive sera alimentée sous 12 000 volts, les vitesses de régime correspondantes seront les suivantes :

46 km : heure avec train de 280 tonnes;
65 km : heure avec train de 100 tonnes;
Le cos φ sera légèrement amélioré.

Démarrage d'un train de 280 tonnes en rampe de

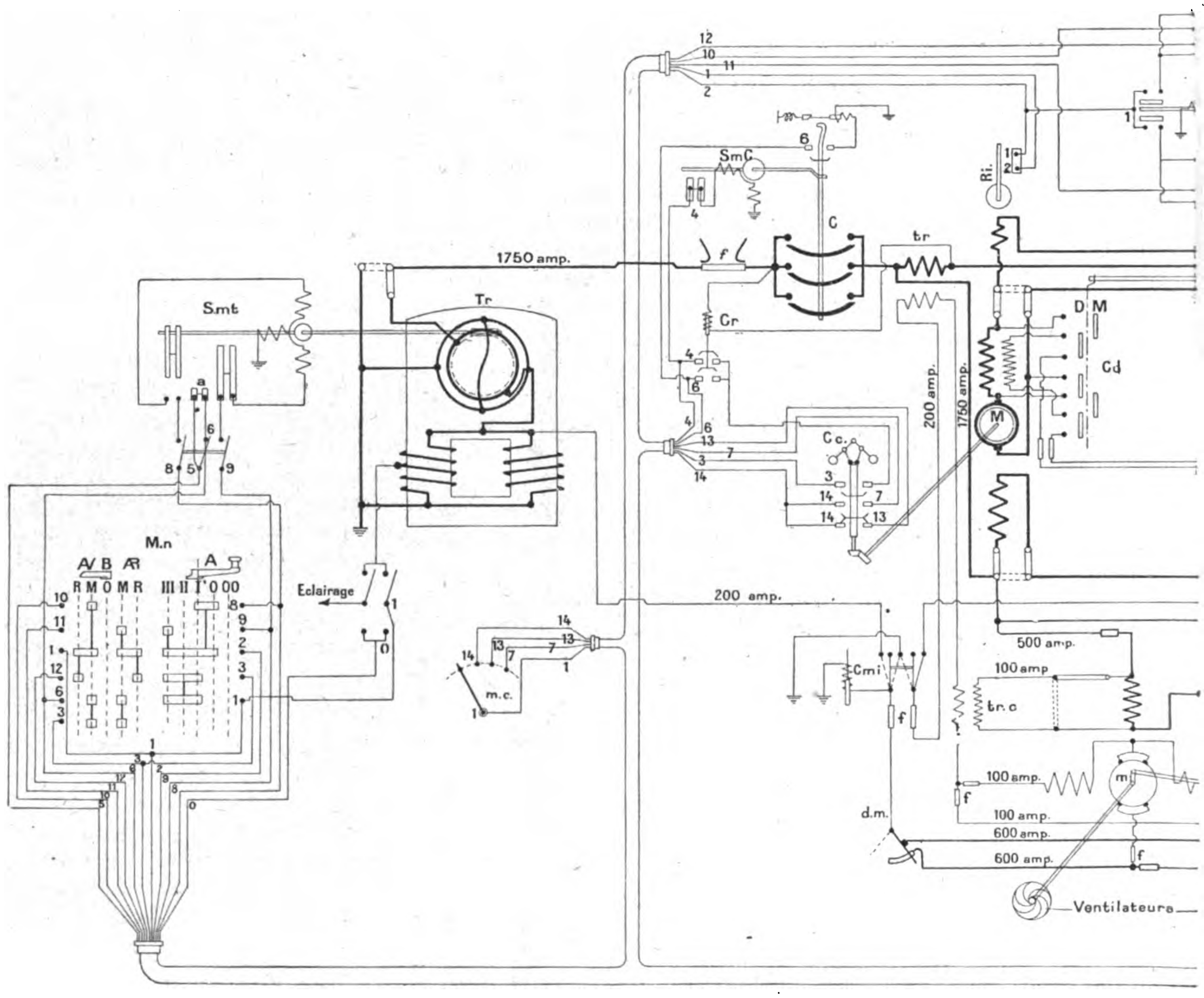


Fig. 10. — Schéma du montage des appareils de la locomotive. — *Tr*, Transformateurs principaux. — *M*, Moteurs principaux. — *m*, Moteurs compresseurs. — *tr*, Transfor- *Cd*, Combinateurs de démarrage. — *Mn*, Manipulateurs. — *Smt*, Servo-moteur des régulateurs *Smd*, Servo-moteurs des combinateurs de démarrage. — *dm*, Démarreur des moteurs compresseurs. — *Cmi*, Commutateur pour moteurs compresseurs. — *trc*, Transfor-

17 mm. — Les graphiques recueillis ont permis de relever en fonction du temps, la vitesse de la locomotive, les kilowatts et les ampères absorbés pendant deux démarrages successifs en rampe de 17 mm. Les vitesses ont été données par l'indicateur enregistreur du système Haushälter; les kilowatts ont été relevés au wattmètre enregistreur de la sous-station.

La vitesse de 34 km : heure a été atteinte en deux minutes, l'intensité basse tension ne dépassait pas 2100 ampères. L'intensité haute tension ne dépassa pas, au départ, 72 ampères; elle est ensuite montée progressivement à 120 ampères.

Les démarrages sont particulièrement doux et se font sans à-coup à cause de l'augmentation progressive de la tension appliquée aux moteurs.

Commutation. — Pendant les démarrages des trains de 280 tonnes en rampe de 17 mm on observe des étin-

celles très faibles, mais non nuisibles pour le collecteur. Pendant la marche et à toutes les vitesses, la commutation est excellente; en récupération, elle est parfaite.

Les collecteurs des moteurs se conservent parfaitement, ils ont pris une belle teinte marron et se sont glacés.

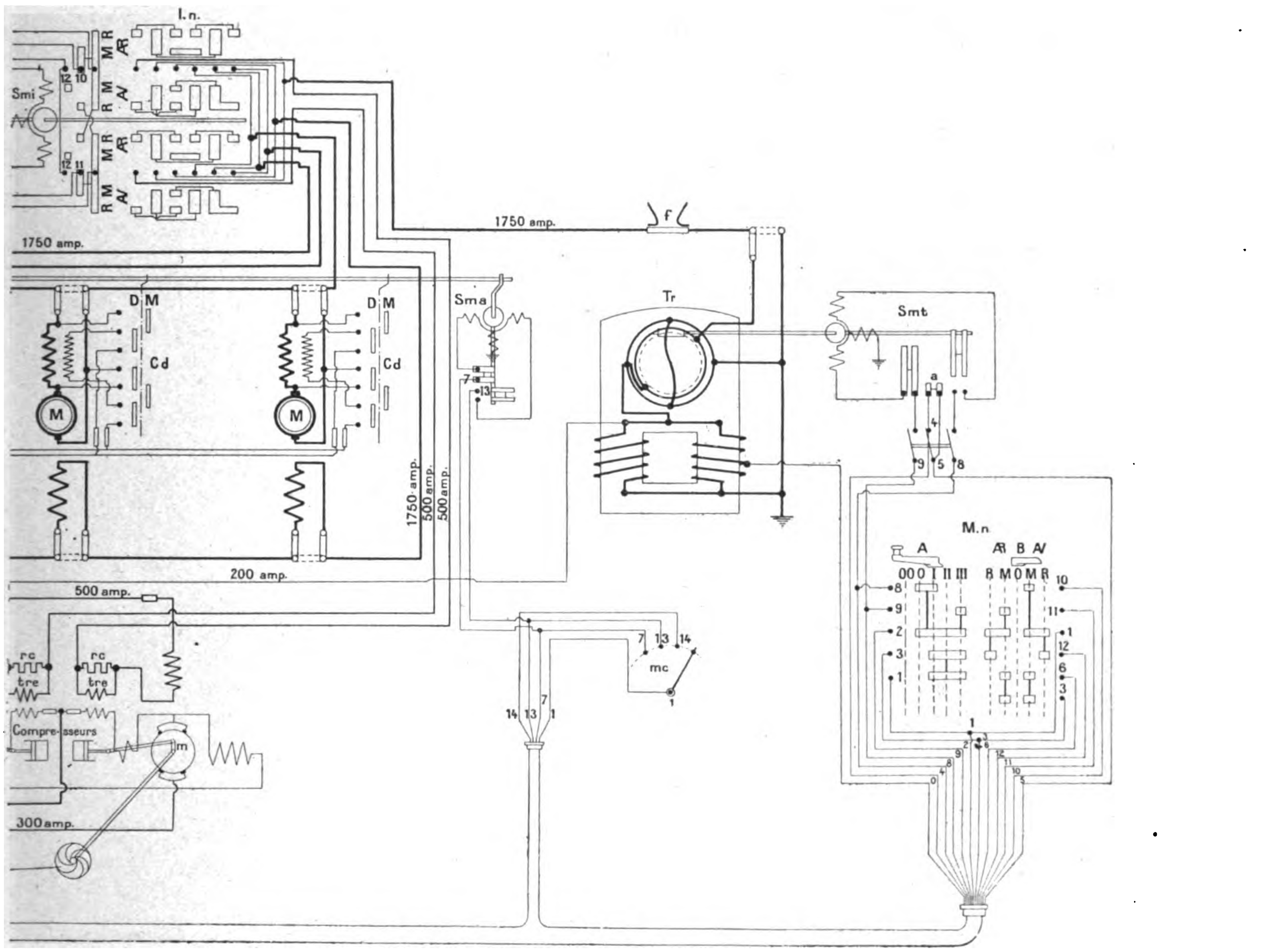
Essais de récupération. — Avec un train de 280 tonnes, l'énergie rendue au réseau est de 400 kw en pente de 17 mm et à la vitesse de 38 km : heure.

La tension et l'intensité correspondantes sont 12 000 volts, 40 ampères. Le cos φ de récupération est donc 0,83 ([1]).

La puissance absorbée pour remorquer le même train sur la même rampe et à la même vitesse est de :

$$\frac{38}{41} \times 1\,100 = 1\,020 \text{ kw}.$$

Le coefficient de récupération défini par le rapport de l'énergie rendue à l'énergie absorbée sur la même rampe



mateur de récupération. — *C*, Conjoncteur principal. — *In*, Inverseur de marche et de récupération. — *Cc*, Contacteur centrifuge. — *Cr*, Contacteur de récupération. de tension. — *Smc*, Servo-moteurs du conjoncteur principal. — *Smi*, Servo-moteur de l'inverseur. mateur de compensation. — *tre*, Transformateur d'excitation. — *rc*, Résistance de compoundage. — *mc*, Manette de commande des combinateurs. — *f*, Fusibles.

et à la même vitesse est donc de :

$$\frac{400}{1\,020} = 0,392.$$

Un résultat intéressant est celui que présente la souplesse du fonctionnement en récupération; l'établissement de la récupération et les variations de vitesse s'effectuent sans à-coup et très progressivement. Nous citerons, en particulier, un essai dans lequel un train de 280 tonnes (locomotive non comprise) lancé à 48 km : heure, sur pente de 17 mm a été freiné par récupération jusqu'à la vitesse de 20 km : heure avant l'arrivée en

([1]) On peut disposer de la valeur du cos φ en récupération, en agissant sur le transformateur de récupération. Toutefois, pour la bonne utilisation des moteurs, il est préférable d'avoir avec un train de 280 tonnes, un cos φ en récupération, voisin de 0,8; avec un train de 100 tonnes, le cos φ sera voisin de l'unité et le courant sera légèrement décalé en avant

gare de Boumernere; à ce moment l'arrêt complet a été effectué par les freins pneumatiques.

Au point de vue mécanique, la locomotive se comporte très bien; les engrenages et les accouplements ont donné entière satisfaction et ne demandent presque pas d'entretien. La consommation d'huile et de graisse pour les différentes parties est plus réduite que celle des locomotives à bielles.

En service régulier, il est certain que l'on constatera une économie d'au moins 30 pour 100 sur la consommation d'huile des autres locomotives pour le même service.

Le programme imposé par la Compagnie des Chemins de Fer du Midi a donc été rempli d'une façon complète. La suppression des bielles constitue une innovation hardie couronnée de succès. Avec trois essieux moteurs sur lesquels la charge est uniformément répartie, il n'y a pas lieu de craindre les patinages individuels d'essieux, car, dans les conditions exceptionnelles où toutes les roues peuvent patiner, le biellage électrique empêche le patinage individuel; la locomotive des A. C. E. N. E. a donc les mêmes avantages que les locomotives à bielles tout en étant exempte des inconvénients de celles-ci.

L'équipement des locomotives avec régulateurs d'induction, dont l'emploi fut pendant longtemps limité à cause de préventions défavorables aussi bien mécaniques qu'électriques, a été un succès marqué. Les dispositifs que nous venons de voir ont permis la construction d'un appareil robuste et n'entrainant point un décalage propre et sensible par rapport à celui des transformateurs à prises multiples.

La suppression des contacteurs est un avantage incontesté, quelle que soit leur perfection. Les régulateurs permettent d'autre part une très grande souplesse dans le fonctionnement, à cause de la continuité dans les variations de tension.

La récupération, qui constitue un avantage considérable, tant au point de vue de la réduction de l'usure des sabots de frein des roues que de l'énergie récupérée, a été,

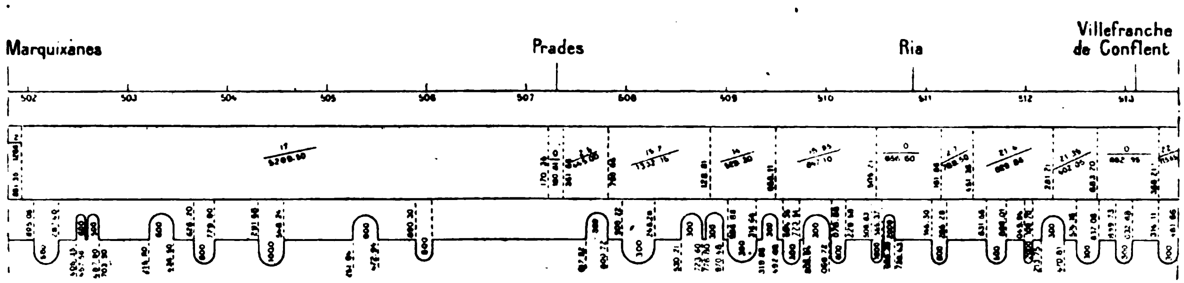


Fig. 11. — Profil de la ligne.

pour la locomotive des A. C. E. N. E, un succès, c'est celui qui a donné, à ce jour, les résultats les meilleurs.

La souplesse dans les diverses épreuves auxquelles cette machine a été soumise (démarrages de trains de 280 tonnes en rampe de 17 mm et récupération avec le même train à toutes vitesses comprises entre 20 et 48 km : heure), la simplicité et la facilité de la conduite ont été très appréciées. Notons en terminant que la locomotive est à l'abri des fausses manœuvres et peut être conduite par n'importe quel wattmann après quelques heures d'explications. Nous décrirons prochainement les autres locomotives électriques. A. Z.

L'ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

(SUITE) (¹)

Il nous reste à étudier un système qui semble devoir rendre des services dans la clientèle agricole. Il vient de faire son entrée dans le domaine pratique et il consiste à employer un condensateur en série avec les lampes de l'installation. Le condensateur est sorti des laboratoires pour devenir aujourd'hui un instrument industriel, et les études de la British Insulated and Helsby Cables C° en ont même fait un instrument bon marché, parfaitement adéquat au rôle

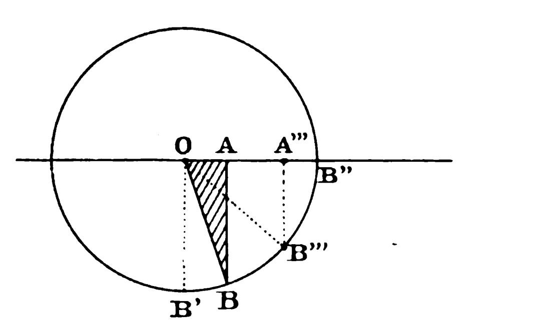


Fig. 1.

qu'on veut lui faire jouer dans les petites installations.

Les condensateurs de cette maison sont constitués au moyen de deux feuilles métalliques isolées au papier et leur emploi est basé sur les considérations suivantes.

Soit un circuit de résistance ohmique R, de capacité C, parcouru par un courant I, de pulsation ω et de tension constante U.

Appliquons à l'étude de ce circuit la méthode graphique

(¹) Voy. *L'Industrie électrique*, nᵒˢ 502 et 506 des 25 novembre 1912 et 25 janvier 1913, p. 509 et 34.

et soit un cercle O dont le rayon a pour valeur la tension U constante.

Le triangle représentatif du fonctionnement est OAB (fig. 1). Le décalage φ est l'angle AOB et le courant précède la tension. On a :

$$OA = RI$$
$$AB = \frac{I}{C\omega}$$
$$OB = U$$

La puissance $W = UI \cos \varphi$ est visiblement représentée par l'aire du triangle OAB puisque OA n'est autre que

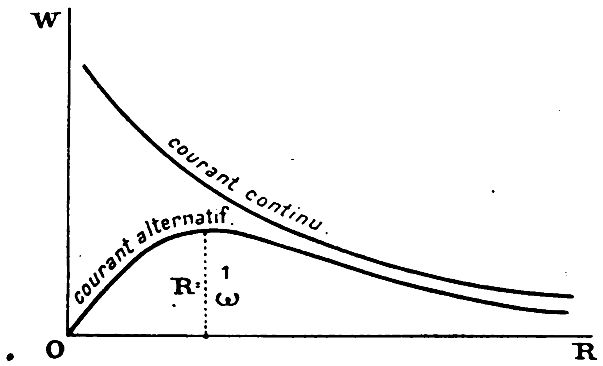


Fig. 2.

$U \cos \varphi$ et que AB représente la grandeur du courant total I à l'échelle constante $\frac{1}{C\omega}$.

On sait qu'une telle aire part de zéro quand B est en B' $\left(\varphi = \frac{\pi}{2}\right)$ pour revenir à zéro quand B est en B'' $(\varphi = 0)$

Nous avons d'autre part :

$$I = \frac{U}{Z}$$

Or

$$\frac{OB}{OA} = \frac{1}{\sin \varphi} = \frac{Z}{\frac{1}{C\omega}}.$$

Nous tirons :

$$I = UC\omega \sin \varphi$$

et

$$W = UI \cos \varphi = U^2 C\omega \sin \varphi \cos \varphi$$

La puissance est donc proportionnelle à $\sin \varphi \cos \varphi$, donc à $\sin 2\varphi$ qui est maximum pour $\varphi = \frac{\pi}{4}$.

Alors :

$$A'''B''' = OA'''$$

et

$$R = \frac{1}{C\omega}.$$

En fonction de la résistance R du circuit nous pouvons donc représenter la puissance par la courbe ci-dessus.

Remarquons que dans le cas du courant continu les variations de la puissance en fonction de la résistance du circuit $W = \frac{U^2}{R}$ seraient représentées par une branche d'hyberbole.

Contrairement à ce qui se passe avec le courant continu, dans le cas du courant alternatif avec condensateur en série, l'abonné n'est plus maître de la puissance consommée. Cette puissance commence par croître avec R, puis décroît comme en courant continu, R continuant à augmenter.

Pour le maximum de puissance, la résistance et la capacité ont à leurs bornes respectives des tensions égales. Dans cette région d'utilisation la capacité est donc un mauvais dévolteur.

Au point du maximum de puissance on a :

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$W = UI \cos \varphi = \frac{U^2}{Z} \cos \varphi = \frac{U^2}{\sqrt{2R^2}} \cos \varphi = \frac{U^2 \sqrt{2}}{2R\sqrt{2}} = \frac{U^2}{2R}.$$

Nous allons maintenant étudier les variations de I en fonction des variations de R.

$$I = UC\omega \sin \varphi$$

Nous tirons :

$$\frac{dI}{I} = \frac{d(\sin \varphi)}{\sin \varphi} = \frac{d\varphi}{\operatorname{tg} \varphi}.$$

Nous avons également :

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = RC\omega \sin \varphi$$

$$R = \frac{1}{C\omega \operatorname{tg} \varphi}$$

$$\frac{dR}{R} = -\frac{d \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi} = -\frac{2 d\varphi}{\sin 2\varphi}.$$

Comparons $\frac{dI}{R}$ et $\frac{dR}{R}$

$$\frac{\frac{dI}{I}}{\frac{dR}{R}} = -\frac{\frac{d\varphi}{\operatorname{tg} \varphi}}{\frac{2 d\varphi}{\sin 2\varphi}} = -\frac{\frac{\cos \varphi}{\sin}}{\frac{1}{\sin \varphi \cos \varphi}} = \cos^2 \varphi$$

Pour une variation de $n/100$ dans R on obtient une variation de : $n/100 \cos^2 \varphi$ dans I

Au point du maximum de puissance où $\cos = \frac{\sqrt{2}}{2}$ on a : $\cos^2 \varphi = \frac{1}{2}$. Par conséquent les variations relatives de I sont la moitié des variations relatives de R.

Au point où $\cos \varphi = \frac{1}{2}$ on a $\cos^2 \varphi = \frac{1}{4}$; par conséquent les variations de I sont le 1/4 des variations de R.

On voit que plus l'angle φ est grand, c'est-à-dire plus le condensateur est dévolteur, et mieux il joue le rôle de

régulateur d'intensité. En pratique pourvu que la tension des récepteurs fonctionnant ensemble n'excède pas 40 pour 100 de la tension d'alimentation, on peut considérer le condensateur comme laissant passer une intensité constante. Si dans ces conditions nous avons 3, 4 ou 5 lampes en série avec un condensateur, nous pouvons les allumer toutes en même temps, puis les éteindre successivement et n'en laisser qu'une allumée, sans que l'intensité varie sensiblement dans le circuit.

Dans le cas de 3 lampes de 16 v-16 w en série avec un condensateur, l'ensemble étant alimenté par un courant alternatif à 220 v d'une fréquence de 50 périodes par seconde, si l'on éteint 2 lampes, l'intensité dans la troisième monte à 1,01 fois l'intensité normale. Avec 5 lampes de même tension en série avec le même condensateur, l'intensité serait encore 0,97 fois l'intensité normale. Les lampes brilleraient donc d'un éclat à peu près normal, mais nous serions sur la limite d'utilisation du système.

Comme, en général, toutes les lampes d'une installation ne fonctionnent pas en même temps, on peut admettre comme règle d'installation que la somme des tensions des lampes en série ne doit pas dépasser 60 pour 100 de la tension d'alimentation.

De la constance de l'intensité on déduit que, pourvu que l'intensité demandée par une lampe soit la même que celle qui circule à travers le condensateur, la tension de la lampe est en quelque sorte indifférente. Ainsi une

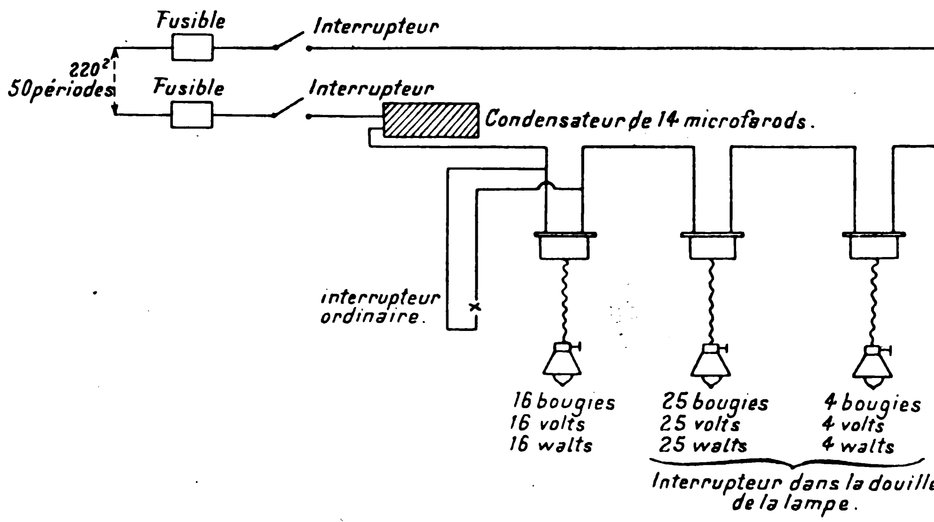


Fig. 3.

lampe de 10 v-4 w, une lampe de 25 v-10 w, une lampe de 70 v 28 w, marcheront aussi bien l'une que l'autre avec le même condensateur et la même tension d'alimentation.

En général on adopte l'intensité de 1 ampère. Dans ce cas le pouvoir lumineux de chaque lampe en bougies est exprimé par le même nombre que sa tension en volts, c'est-à-dire qu'une lampe de 25 bougies sera de 25 volts de 25 watts.

Les interrupteurs sont en parallèle avec les lampes de façon que, lorsque l'interrupteur est fermé, la lampe correspondante soit en court-circuit.

La présence du condensateur en série permet donc d'employer des lampes à basse tension sur des circuits à tension élevée. Le condensateur joue le rôle d'un dévolteur, mais au lieu d'agir comme une résistance ordinaire, il absorbe l'excès de tension sans perte appréciable de courant. La canalisation intérieure n'est soumise qu'à de basses tensions, par conséquent son isolation peut être moins soignée et ses matières premières moins coûteuses qu'avec 110 v ou 220 v.

Le condensateur agit encore comme réservoir d'énergie. Chacun sait que, grâce à la faible résistance du filament froid, le courant initial dans les lampes métalliques est occasionnellement de 10 fois le courant normal. C'est à cet afflux de courant que sont dues les ruptures de filaments métalliques, ces filaments ne se brisant pas pendant que les lampes sont allumées, mais seulement au moment de l'allumage. Le condensateur absorbe ces surintensités car, grâce à lui, le courant de pointe n'est jamais supérieur de plus de 10 pour 100 au courant normal.

Le condensateur agit encore comme limiteur d'intensité en cas de court-circuit et il améliore enfin le rendement du réseau en augmentant son cos φ.

Nous voyons que le condensateur se présente théoriquement comme un dévolteur intéressant. Nous avons vu plus haut qu'il était, dans certaines limites, régulateur d'intensité. Pourrons-nous lui demander davantage et lui faire jouer par exemple le rôle de limiteur de puissance?

En général, cela ne sera pas possible. En effet, nous avons vu que le condensateur était pratiquement régulateur d'intensité tant que la tension des lampes allumées en même temps ne dépassait pas 40 pour 100 de la tension d'alimentation. Par conséquent, tant que nous n'aurons pas atteint cette limite, nous augmenterons la puissance consommée sans inconvénient pour le consommateur en

augmentant le nombre ou la puissance lumineuse des lampes allumées en même temps.

Dès que nous aurons atteint cette limite de 40 pour 100, nous augmenterons encore la puissance consommée en augmentant le nombre ou l'intensité lumineuse des lampes allumées en même temps, mais l'intensité du courant diminuera notablement dans le circuit, nous aurons des lampes rouges, éclairant mal, par conséquent le client n'aura aucun avantage à allumer de nouvelles lampes et nous aurons pratiquement réalisé un limiteur de puissance.

On pourra donc consentir des abonnements forfaitaires, mais seulement pour des puissances en watts atteignant au moins 40 pour 100 de la tension d'alimentation. Encore faut-il que l'abonné ne change pas le régime de ses lampes, c'est-à-dire garde des lampes de 1 ampère, si son installation a été calculée pour cette intensité. Nous avons vu en effet que le maximum de puissance consommée était obtenu lorsque :

$$R = \frac{1}{C\omega}.$$

En nous plaçant dans le cas d'un réseau à 50 périodes et en supposant un condensateur de 15 microfarads, chiffre qui sera justifié plus bas nous aurons :

$$R = 213\omega.$$

Nous savons que, dans ce cas, la tension aux bornes des lampes est la même que la tension aux bornes du condensateur. Nous avons donc :

$$\overline{220}^2 = 2x^2.$$
$$x = \text{environ 160 volts.}$$

Nous pouvons donc trouver des lampes répondant aux deux conditions précédentes, c'est-à-dire d'une résistance totale de 213ω et d'une tension totale de 160 volts, mais ces lampes devront être choisies avec soin, ne seront pas d'un usage courant et pratiquement la fraude ne sera pas possible et nous pourrons bien dire que, dans les limites citées plus haut, le condensateur peut servir de limiteur de puisance.

Mais le minimum de puissance imposé pour l'abonnement forfaitaire restreint beaucoup l'usage du condensateur. En effet pour une distribution à 220 volts, les 40 pour 100 donneront 88 volts, par conséquent avec un circuit série de 1 ampère, le forfait possible sera de 88 w soit pour une utilisation de 1000 heures par an 88 kw-h.

Au prix de 0,70 fr le kw-h ceci nous donne une dépense par mois de :

$$\frac{88 \times 0{,}7}{12} = \text{environ 5 francs.}$$

L'abonnement forfaitaire ne sera donc possible qu'avec des installations moyennes.

Nous pouvons calculer la capacité du condensateur nécessaire pour une installation série de 90 watts et 1 ampère, avec une tension initiale de 220 volts.

La tension U_c aux bornes des condensateurs sera :

$$\begin{aligned} U_c &= \sqrt{\overline{220}^2 - \overline{90}^2} \\ &= \sqrt{48500 - 8100} = \sqrt{40\,400} \\ &= 201 \text{ volts.} \end{aligned}$$

La capacité est alors donnée par :

$$U_c = \frac{I}{C\omega} = \frac{1}{C\omega}.$$

Dans le cas d'un courant à 50 périodes :

$$\omega = 2\pi f = 314$$

d'où

$$C = \text{environ 16 microfards.}$$

Ce condensateur coûtera environ 30 francs.

Sans reprendre le raisonnement fait déjà dans le cas du limiteur avec économiseur, nos dépenses d'immobilisations seront donc :

1 compteur horaire	20 fr.
1 condensateur 16 microfarads, 220 v, 1 A.	30
Total	50 fr.

à 20 pour 100 d'amortissement total, l'amortissement par an sera de 10 francs ou par mois de 0,85 fr environ.

Les frais d'immobilisation ne dépasseront pas par rapport aux dépenses de courant une proportion raisonnable de 17 pour 100.

Nous nous sommes placés dans le cas d'un réseau à 50 périodes. Avec un réseau à 25 périodes, le condensateur nécessaire serait d'environ 60 microfarads et vaudrait au moins 60 francs, par conséquent l'installation série deviendrait alors d'un prix prohibitif.

En poussant plus loin ce calcul, on trouverait que la limite inférieure de l'emploi du condensateur serait atteinte avec une fréquence de 40 périodes.

Pour ce qui est de la petite installation agricole que nous avions en vue, installation de 2 à 4 lampes de faible tension, examinons dans quelles conditions elle se présente avec un condensateur en série.

Supposons un abonnement forfaitaire de 3 lampes de 16 bougies, 16 volts, 16 watts. La capacité du condensateur nécessaire à l'installation sera d'environ 15 microfarads.

Ajoutons aux lampes du forfait une lampe de 20 watts ou, encore, augmentons de 20 bougies la puissance lumineuse des lampes déjà installées. L'intensité dans le circuit tombera à 0,98 ampère, par conséquent la baisse d'intensité lumineuse ne sera pas assez sensible pour sanctionner cette manœuvre et ce sera la porte ouverte à toutes les fraudes. Pour remédier à cet inconvénient, il faudrait par exemple installer un limiteur d'intensité à minima, mais alors nous augmenterions les dépenses d'immobilisation de matériel et nous aurions un système plus coûteux que celui de l'économiseur avec limiteur.

Nous devons encore ajouter que le condensateur donne la possibilité de la suppression du fil neutre. En effet les

réseaux de basse tension sont en général établis à 220 v entre phases et 130 volts entre phases et neutre. Le condensateur permet d'entrer chez l'abonné à 220 volts tout en faisant une distribution intérieure à faible tension. Par conséquent le fil neutre peut théoriquement être supprimé et il en résulte une économie d'environ 25 pour 100 sur le cuivre, les isolateurs et la main-d'œuvre de pose des fils.

Nous pouvons donc conclure que le condensateur présente des avantages comme dévolteur, mais qu'en principe, sauf dans des cas particuliers, il ne peut pas servir de limiteur de puissance. S'il ne sert pas de limiteur de puissance, il est solidaire d'un compteur d'énergie ou d'un limiteur d'intensité. Dans ce cas, son emploi est plus onéreux que celui d'un simple économiseur avec limiteur.

Nous nous sommes étendus beaucoup sur l'étude de la petite installation de lumière. C'est que, grâce à certains artifices, nous croyons à la possibilité d'un développement illimité de la petite clientèle et que nous y voyons pour les producteurs de courant, étant donné les prix de kw-h de lumière, un appoint de consommation très intéressant.

Conclusions. — Ayant envisagé les besoins de l'agriculture concernant l'éclairage et force motrice, les tarifs applicables, les recettes à espérer, les moyens de développer la petite clientèle, nous pouvons conclure définitivement :

Les régions agricoles, en l'état actuel, constituent pour les secteurs une clientèle avantageuse. Cette clientèle peut devenir très importante avec le développement du machinisme et particulièrement la mise au point du labourage électrique.

On peut compter d'ores et déjà sur une recette de 20 à 25 fr par habitant à condition de faire la culture intensive de la petite clientèle par des installations gratuites ou à bon marché. On peut espérer augmenter cette recette de 30 pour 100 d'ici quelques années.

Il faut bien dire que l'utilisation annuelle de la force motrice dans les fermes n'est pas toujours bonne. Mais on l'améliore par des tarifs appropriés. L'utilisation journalière au contraire est excellente, l'agriculture n'ayant guère besoin que de courant de jour.

Dans un prochain article, nous examinerons comment on peut effectuer la distribution électrique dans les régions agricoles, par canalisations souterraines ou aériennes, par le moyen d'une centrale locale ou en s'adressant aux secteurs. Nous verrons également si une distribution agricole peut suffire seule à la rémunération du capital engagé ou s'il y a lieu de prévoir un système de participations financières diminuant les immobilisations de capitaux et faisant des principaux clients des collaborateurs intéressés.

Nous pensons que l'on arrivera ainsi à développer davantage les applications si intéressantes de l'énergie électrique pour le plus grand bien des producteurs aussi bien que des consommateurs.

(*A suivre.*) Gébelin.

DU ROLE DES ANTENNES HORIZONTALES

SYMÉTRIQUES OU DISSYMÉTRIQUES, BASSES OU ÉLEVÉES EN RADIOTÉLÉGRAPHIE

(*Suite et fin*[1].)

Dans le courant de l'année dernière, il a été publié des rapports très intéressants sur des expériences entreprises par M. Kiebitz, qui étudia les propriétés d'antennes dites « terrestres » qui ne sont que des antennes *horizontales symétriques* sans liaison médiane au sol, mais avec intercalation du récepteur au milieu de la nappe horizontale. Ce sont les conclusions très importantes de ces recherches que nous croyons utiles d'exposer ici pour les rapprocher des propriétés présentées par l'antenne horizontale *dissymétrique* ou antenne coudée.

Voici, d'après l'auteur, les dispositions qui furent adoptées pour effectuer ces expériences : sur un vaste terrain plat, on établit (fig. 1) trois systèmes de conducteurs horizontaux, tendus sur des poteaux de bois à 1 m de hauteur au moyen d'isolateurs en porcelaine et orientés : l'un E_1E_2 suivant la direction de Schönberg, station d'essai correspondante, située à 65 km, les deux autres N. S., E. W. se coupant orthogonalement et dirigés vers les quatre points cardinaux.

Une cabine était installée en H, centre ou point de concours du réseau des antennes terrestres ; chacune des extrémités de ces différentes lignes se terminait au voisinage d'une terre soigneusement établie par enfouissage d'une feuille de zinc, à laquelle était soudée un câble conducteur de jonction.

L'antenne E_1E_2 dirigée suivant Schönberg avait de part et d'autre de la cabine 130 m de longueur ; les antennes N.S. et W.E. avaient sur chaque branche 120 m de longueur.

Le récepteur, comprenant nécessairement les dispositifs ordinaires de syntonisation et un détecteur à lecture au son, était placé dans la cabine où chaque demi-antenne venait aboutir en passant par un tube isolant placé dans le plancher de la cabine. Chaque fil était amené à ce tube isolant, par une tranchée de 1 m de profondeur, de sorte que, pour chaque système d'antennes, on réalisait un montage que représente la section longitudinale (fig. 2).

Entre les extrémités extérieures des fils et les terres établies en chacun de ces points, on connectait en général des bouteilles de Leyde, renfermées dans les boîtes de paraffine de sorte que le montage réalisé avec chaque antenne correspondait au schéma de la figure 3.

Souvent on ne connectait pas les capacités et on laissait les extrémités des antennes isolées.

Les résultats, que nous allons exposer, relatifs à l'apti-

---

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 511 du 10 avril 1913, p. 149.

tude plus ou moins grande de ces différents systèmes d'antennes pour capter les oscillations hertziennes, ont été rendus plus tangibles et plus précis en utilisant la méthode du shunt pour apprécier la puissance du son perçu dans les écouteurs. Ce shunt joue le rôle de résistance variable, qui permet de créer une dérivation du courant téléphonique jusqu'à extinction du son.

Essais de réception. — 1° *Avec le poste de Schönberg.* — 65 km. Les signaux sont fortement reçus sur l'antenne E_1E_2 dirigée vers le poste d'émission : un shunt de 6 w étant nécessaire pour étouffer le son dans les écouteurs de 1000 w de résistance ; la réception était assez faible sur les antennes N.S. et E.W. ainsi que sur E.S. et N.W. ; aucune réception sur la combinaison N.E. et S.W. composée des branches symétriquement opposées à la direction de Schönberg.

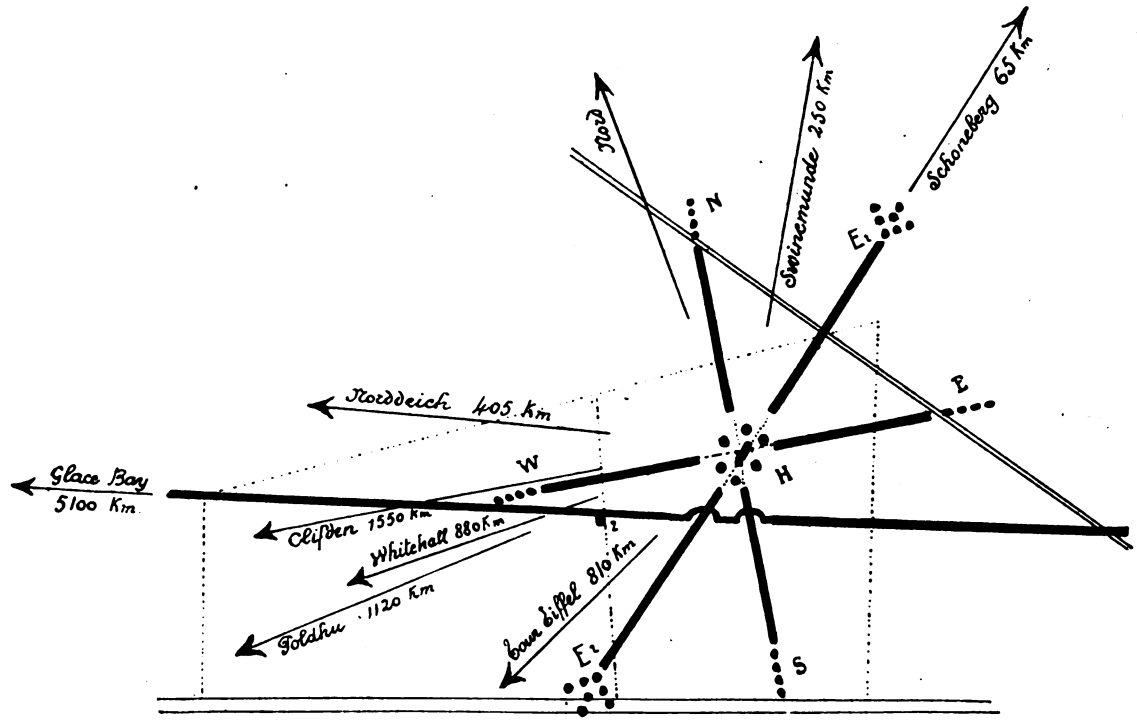


Fig. 1.

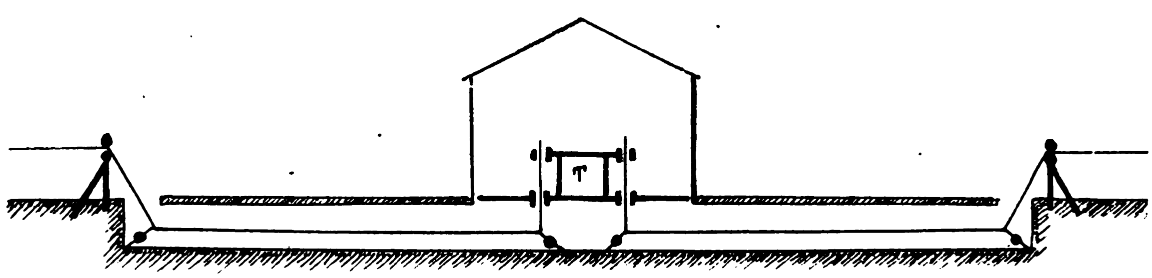


Fig. 2.

La longueur d'ondes de Schönberg qui était la plus efficace était comprise entre 1000 et 1500 m.

Les sons étaient plus forts en remplaçant les fils des antennes par des bandes de cuivre.

On obtient de bons résultats avec des fils à fort isolement et posés directement dans une tranchée. La réception ne cesse pas quand on comble la tranchée, mais elle est fortement diminuée.

2° *Avec le poste de Swinemunde.* — 230 km. Ce poste faisait avec la direction de Schönberg un angle de 25°, il était malgré cela nettement perçu dans l'antenne E_1E_2.

L'onde la plus favorable fut trouvée de 1000 à 1500 m.

3° *Avec le poste de Norddeich.* — 405 km. Ce poste était reçu fortement sur toutes les antennes ; il suffisait d'ailleurs d'un fil de 200 m isolé et placé sur le sol et orienté vers le poste pour recevoir nettement les signaux dans un récepteur intercalé au milieu du fil.

4° *Avec la tour Eiffel.* — 810 km. Les signaux de la tour étaient fortement reçus sur la paire d'antennes E_1E_2 dirigée sensiblement vers Paris. L'action était même aussi énergique que Norddeich.

5° *Avec la station de Whitehall.* — 880 km. Cette station, installée sur les bâtiments de l'amirauté à Londres et qui émet des ondes de 3400 m, était entendue avec la paire d'antennes E. W. dirigée vers l'émission.

L'intensité de réception correspondait à un shunt de 30 w sur les écouteurs de 1000 w.

Il est intéressant de signaler que ce même poste était reçu à Schönberg pendant la nuit seulement avec une

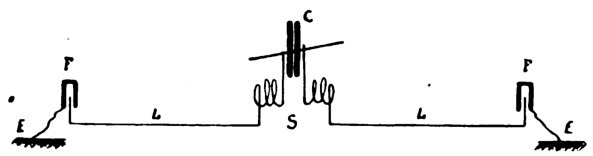


Fig. 3.

antenne de 40 m de hauteur; il ressort donc de cette expérience que l'antenne terrestre de 250 m avait un rendement supérieur à l'antenne verticale de Schönberg.

6° *Avec la station de Poldhu.* — 1120 km. Ce poste, ayant à peu près même orientation que Whitehall, était entendu avec la même paire d'antennes E.W., et avec une force telle qu'il fallait un shunt de 20 w pour éteindre la réception.

La longueur d'onde du poste est de 2800 m.

7° *Avec Clifden et Glace-Bay.* — 5100 km. Ces deux postes extra-puissants, pour assurer l'intercommunication transatlantique, pouvaient être entendus avec un fil de 1275 m de long déployé dans la direction de Glace-Bay. Clifden était évidemment très fort et Glace-Bay pouvait être suivi.

Il importe de remarquer que la longueur d'ondes de ces deux postes est de 6000 m environ, ce qui correspond sensiblement à 6 fois la longueur de fil tendu; ce résultat est à rapprocher des conditions ultima trouvées dans les autres essais : il semble que ce soit là la loi de vibration, laquelle d'ailleurs est à mettre en parallèle avec celle indiquée par Marconi pour ses antennes coudées (Royal Society).

Essais d'émission. — Des essais de transmission, d'après le rapport de M. Kiebitz, furent tentés avec ces mêmes antennes terrestres. Un moteur à pétrole entraînait un alternateur de 1 kw, qui, par l'intermédiaire d'un transformateur, alimentait un circuit oscillateur à accouplement assez serré avec l'antenne.

Il fut possible de communiquer très facilement avec Schönberg, où l'intensité de réception était forte; on obtint aussi la communication avec Swinemünde. L'auteur, pour ces essais, n'indique pas quelle paire d'antennes était utilisée : il semble, dès lors, qu'aucun effet de direction n'était sensible. L'onde la plus favorable était celle de 1350 m et on observa que les extrémités des antennes peuvent être indifféremment laissées libres ou reliées aux condensateurs de terre.

Dans les essais avec Norddeich on employa le fil de 1270 m qui avait servi à la réception de Glace-Bay; Norddeich put recevoir quelques signaux, mais, ce qui est plus intéressant, Schönberg ne recevait rien.

L'angle de la direction de Norddeich avec celle de Schönberg était alors de 122°. Un effet directeur était donc ainsi mis en évidence.

M. Kiebitz fait remarquer qu'à puissance égale les intensités et tensions dans l'antenne terrestre sont plus petites que dans les antennes verticales. Dans les essais invoqués ci-dessus on observe au plus 4 ampères dans l'antenne et les tensions aux extrémités des fils ne donnaient lieu qu'à de faibles étincelles.

Ces propriétés montrent évidemment que l'antenne vibre difficilement et que les effets de résonance sont peu marqués; ce qui explique que les expériences d'émission ne semblent pas avoir donné satisfaction.

En résumé, de ce rapport de M. Kiebitz que nous avons tenu à reproduire dans ses lignes principales, il semble résulter que les *antennes terrestres* ou *antennes horizontales basses* et *symétriques* possèdent, pour les ondes longues surtout, un pouvoir captateur véritablement intéressant et susceptible d'application, étant donné la facilité d'installation de telles antennes et l'économie considérable qu'on réalise à ne plus édifier de supports élevés.

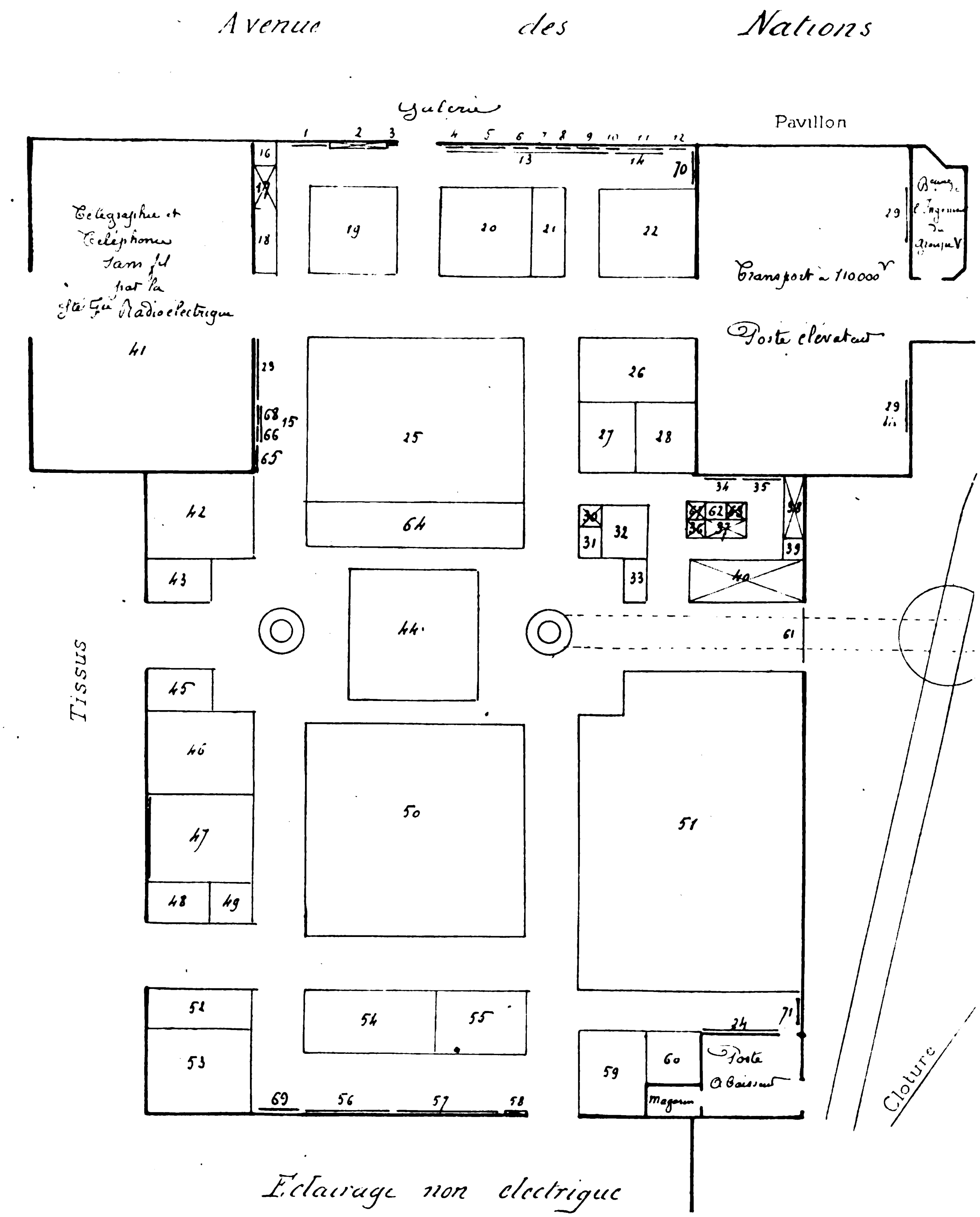
Il résulte aussi que, pour tirer le meilleur profit des antennes de ce genre, les règles à observer sont les suivantes : 1° déployer un fil ayant sensiblement une longueur égale au 1/6e de la longueur d'onde à recevoir; 2° orienter ce fil dans la direction du poste d'émission; 3° intercaler le récepteur au milieu de ce fil. Nous ajouterons que, pour profiter du rendement *optima* de ces antennes, nous avons mis en évidence qu'il convient d'associer toujours deux fils parallèles écartés d'au moins 0,60 m. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 21 octobre 1912).

Évidemment, au point de vue stratégique l'intérêt des antennes terrestres n'est pas douteux, puisqu'elles supprimeraient toute construction susceptible de révéler l'existence du poste à l'ennemi. Paul Jégou.

L'EXPOSITION DE GAND

La Belgique a déjà montré son activité commerciale et industrielle dans plusieurs expositions universelles, dont les dernières furent celles d'Anvers, en 1894, de Liége, en 1905, et de Bruxelles, en 1910. Toutes ces Expositions eurent un grand succès; il en sera de même, sans doute, de celle de Gand qui va ouvrir ses portes.

D'ailleurs, Gand, le chef-lieu de la Flandre Orientale, est une des grandes villes de Belgique. Elle a une population de 170000 habitants, égale à celle de Liége et un



Plan de l'Exposition de Gand (Groupe V, Électricité).

1. Baron. — 2. Mildé. — 3. Foveau de Courmelle. — 4. Baignères. — 5. Alliot et Roll. — 6. Guillaume. — 7. Dumont. — 8. Société des Électriciens. — 9. Société Électro-textile. — 10. Roux. — 11. Compagnie générale des travaux d'Éclairage et de Force. — 12. Syndicat des usines d'électricité. — 13. Westinghouse. — 14. Carpentier. — 15. Véry. — 16. Brunswick. — 17. Charliat. — 18. Ducretet et Roger. — 19. Delafon. — 20. Leclanché et Cie. — 21. Keller-Leleux. — 22. Société française des Câbles télégraphiques. — 23. Incandescence par le gaz Auer. — 24. Compagnie générale du Gaz. — 25. Société Alsacienne. — 26. Société Gramme. — 27. Da et Dutilh. — 28. Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de Force. — 29 et 29 *bis*. Védovelli-Priestley. — 30. Kemmel-Piel. — 31. Latour. — 32. Debauge. — 33. Chauvin et Arnoux. — 34. Société française pour la fabrication des tubes. — 35. Compagnie française de Charbons pour l'électricité. — 36. Becq. — 37. Boudreaux. — 38. Ancel. — 39. Brunet. — 40. Hamm et Cie. — 41. Société française Radio-Électrique. — 42. Heinz. — 43. Duteil et Charmers. — 44. Compagnie générale d'électricité. — 45. Weismann. — 46. Grivolas. — 47. Compagnie générale Radiotélégraphique. — 48. Belin. — 49. Mors. — 50. Classe 15. Instruments de précision. — 51. Postes et télégraphes. — 52. Société industrielle des téléphones. — 53. Richard. — 54. Le Carbone. — 55. Travail électrique des métaux. — 56. Latécoère. — 57. Fabius Henrion. — 58. Woitteguand. — 59. Cauce. — 60. Bardon. — 61. Compagnie parisienne de distribution de l'électricité. — 62. Malaquin. — 63. Drissler. — 64. Société industrielle de T. S. F. et d'électricité. — 65. Pifre. — 66. Bloch. — 67. Hergott. — 68. Lainnet. — 69. Etablissement Sylor. — 70. Lugagne. — 71. Glover.

peu inférieure à celle de Bruxelles (177000 habitants, sans les communes suburbaines).

Gand est une ville des plus intéressantes. Elle se trouve située au confluent de la Lys et de l'Escaut et des petites rivières de la Liève et de la Moere, si bien qu'elle est coupée par une quantité de bras de rivières et de canaux qui la partagent en trente-six îles réunies par plus de trois cents ponts. Cette ville est, en somme, une des « Venises du Nord ». Deux canaux importants y aboutissent, celui d'Ostende par Bruges et surtout celui de Terneuzen. Le grand canal qui aboutit au port hollandais de Terneuzen fait de la ville de Gand un port de mer. Gand possède un magnifique bassin sur une longueur de plus de 10 km de quais, des bateaux de toutes nations s'y alignent. Chaque année le tonnage du port de Gand augmente; son trafic est actuellement de plus d'un million de tonnes et le classe de suite après Anvers, le premier port de Belgique. La prospérité commerciale de Gand ne fait qu'augmenter tous les jours. Les deux industries les plus importantes sont les industries textiles et les industries métallurgiques. Les filatures de lin et surtout de coton sont très nombreuses. Le travail du coton, blanchisseries, filatures, imprimeries, est une des grandes spécialités de Gand.

L'autre grande spécialité de la capitale des Flandres est la culture des fleurs et particulièrement des plantes d'ornement, des camélias, tulipes, jacinthes, des azalées, des orchidées. Cette culture est si développée que Gand est aussi appelée la « Ville des Fleurs ». Ses floralies quinquennales sont d'ailleurs très renommées dans le monde horticole.

Voulant affirmer sa puissante vitalité à l'exposition qu'elle organise, la ville de Gand montrera, en même temps, ses richesses artistiques, son château des comtes, son beffroi, son hôtel de ville, les ruines de l'abbaye de Saint-Bavon, ses riches églises, ses béguinages, les maisons de ses anciennes corporations, et ses musées.

L'Exposition de Gand occupera une superficie totale de 135 hectares, alors que celle de Paris en 1900 n'en occupait que 110. Elle se trouvera située dans le quartier moderne de la ville et englobera le beau parc de l'ancienne citadelle.

La grande entrée de la façade monumentale donnera de suite accès dans le pavillon de la section belge à droite et à gauche de l'allée principale; puis, plus loin, dans la même allée, se trouvera le palais de la section française à droite, le palais de la section anglaise à gauche. Cette allée se termine au palais des Beaux-Arts. Dans une partie plus éloignée de l'allée principale et sur la droite on aboutira, par l'allée des nations, à l'annexe de la section française, au hall des machines, à la section allemande, au palais colonial avec le panorama du Congo.

Sur une place carrée, il y aura à chaque angle le pavillon d'une des grandes villes de Belgique, Bruxelles, Anvers, Gand et Liège. Chaque pavillon sera la reconstitution d'une maison historique de la ville. Ainsi la ville de Gand reproduit la maison où naquit Charles-Quint.

Cette partie de l'Exposition contiendra encore une annexe de la section belge, un pavillon spécial pour le matériel des chemins de fer, la plaine des sports, le village moderne et le quartier de la vieille Flandre.

Les trois puissances étrangères dont la participation sera imposante sont la France, l'Angleterre et l'Allemagne. La France et ses colonies occuperont une superficie de 45000 m², alors que l'Angleterre n'en occupera que 18000 et l'Allemagne 12000. Après la section belge, c'est donc la section française qui sera la plus importante.

La grande entrée du palais de la section française se trouvera dans l'allée principale. Après l'avoir franchie et traversé l'Exposition de la bijouterie, de l'orfèvrerie, on arrivera au salon d'honneur. C'est une vaste galerie, entourée de colonnades, et dont les murs seront revêtus des plus belles tapisseries de nos manufactures nationales. Ce palais de la section française comprendra les principaux groupes de notre Exposition et notamment celui des manufactures nationales, des arts décoratifs, de la photographie, de la couture, des cuirs et peaux, etc.

Presque en face de ce palais, se trouvera dans l'avenue des Nations un petit pavillon français réservé au groupe de l'alimentation. Plus loin, dans l'avenue des Nations, une grande annexe de la section française contiendra l'Exposition de la Ville de Paris, des mines, de la métallurgie, de l'électricité, de l'électro-métallurgie de l'outillage, etc.

Les adhésions de nos industriels et de nos commerçants à l'Exposition de Gand sont très nombreuses, et la section française est assurée d'un immense succès en Belgique.

Nous donnons ci-contre un plan détaillé de la section française en ce qui concerne l'électricité, organisée avec habileté par M. E. Sartiaux, nos lecteurs y trouveront groupées un grand nombre de maisons bien connues du monde électrique. Nous pensons publier d'ici peu un compte rendu aussi complet que possible des appareils exposés.

A. Z.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 février 1913.

L'inscription des signaux hertziens de l'heure. Possibilité d'inscrire directement et de déterminer sans calcul au centième de seconde près l'heure envoyée par la tour Eiffel par M. Albert Turpain. — En mai 1910, au début de l'émission des signaux hertziens de l'heure, alors que pendant la période d'essai ils furent envoyés à 8h30m du soir (du 9 au 22 mai 1910), j'ai pu enregistrer par la photographie les signaux hertziens de la tour.

Le dispositif employé [1] donne les graphiques joints à

[1] *Comptes rendus*, 28 mai 1912.

cette communication de sensibilité telle qu'un courant de 0mA, 25 produit un déplacement appréciable de la plume d'inscription.

En disposant en batterie entre l'antenne et la terre cinq à six pointes électrolytiques ou des détecteurs à cristaux, on peut, au moyen d'un microampèremètre enregistreur très sensible (0mA,25 déplace la plume d'inscription), obtenir des signaux de l'heure extrêmement nets. Ces inscriptions faites à Poitiers, à 300 km de la Tour, remontent à décembre 1911.

Cependant j'acquis la conviction que j'atteignais à peu près ainsi la limite de ce que le microampèremètre enregistreur pouvait fournir. Je revins donc à l'enregistreur photographique en employant concurremment un galvanomètre à cadre et un galvanomètre à corde.

Dans une première série d'expériences je me suis proposé d'inscrire les signaux de l'heure à 1/5 de seconde près. C'est tout ce que l'on peut espérer obtenir puisque le signal de l'heure présente lui-même cette durée.

Il s'agissait d'autre part de comparer à l'heure reçue celle d'un chronomètre muni ou non d'un contact électrique (chronomètre-chronographe de Fénon). Les secondes du chronomètre sont inscrites au moyen d'un milliampèremètre enregistreur inséré dans un circuit que ferme les battements du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre porte à l'extrémité, au lieu de plume, une lampe électrique minuscule (lampe d'épingle de cravate, 2 volts) enserrée dans un léger fourreau d'aluminium qui retient également un fragment de tube de verre (diamètre 9 mm) jouant le rôle de lentille. La lumière se trouve ainsi concentrée sur le papier de l'inscripteur photographique qui se déroule abrité par un cylindre opaque, à quelques millimètres de l'aiguille. Une fente laisse pénétrer le faisceau de lumière inscrivant les secondes du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre, munie de la source lumineuse qu'elle porte, se déplace sans frotter, à 1 mm ou 2 mm à peine de la fente. Parallèlement, le spot lumineux du galvanomètre à corde inscrit les signaux de l'heure, signaux avancés et tops.

Ainsi que le montrent les graphiques ainsi obtenus, on inscrit l'heure de la tour et l'on y compare le chronomètre, situé à 300 km de Paris, avec une précision de 1/5 de seconde.

Dans une seconde série d'expériences, je me suis proposé de faire servir les 180 tops radiotélégraphiques envoyés chaque nuit, vers 23h30m par la tour, avec un intervalle de (1 — 1/50) de seconde, à la comparaison de l'heure du chronomètre à celle envoyée, au 1/100 de seconde près.

La méthode des coïncidences, qui permet de déduire cette détermination de l'audition simultanée des tops radiotélégraphiques et des battements du chronomètre à comparer, réalise à vrai dire une sorte de vernier du temps, vernier pour les secondes.

L'application du dispositif que je viens de décrire à l'inscription des 180 tops radio-télégraphies permet de traduire, par l'inscription photographique, ce vernier pour les secondes en un véritable vernier des longueurs. Que l'on compare l'inscription des 180 tops à l'inscription parallèle des secondes du chronomètre, et les coïncidences se trouveront marquées comme lorsqu'on regarde une règle divisée et la position de son vernier. Sans s'astreindre à la détermination de la coïncidence auditive, forcément fugace et qui ne laisse pas de trace, on pourrait donc appliquer la méthode actuellement en usage et pour laquelle se fait chaque nuit l'envoi des 180 tops, en lisant à loisir le graphique photographique formant vernier. Mais cette opération n'est même pas nécessaire. L'Observatoire de Paris transmet chaque nuit, après les signaux de l'heure, les heures corrigées du 1er et du 180e top, cela au 1/100 de seconde près. Il suffit dès lors d'inscrire parallèlement le 1er top et la seconde au cours de laquelle il se trouve envoyé. Si l'inscription photographique a lieu à une vitesse suffisante (l'emploi de films de cinématographe ou de pellicule kodak permet de défiler un décimètre à la seconde), on peut situer le top dans la seconde à un millimètre près, c'est-à-dire à 1/100 de seconde près. Une vérification immédiate s'obtient d'ailleurs en inscrivant le 180e top et la seconde du chronomètre au cours de laquelle il se produit. Si l'on utilise une bande assez longue pour inscrire les 180 tops radiotélégraphiques parallèlement aux secondes du chronomètre, on possède un autre contrôle en calculant, par le relevé de coïncidences inscrites graphiquement, les heures des 1er et 180e tops.

Pour égaliser à coup sûr les temps perdus on peut faire servir le même galvanomètre à corde à l'inscription et des signaux de l'heure (tops radio-télégraphiques) et des secondes du chronomètre à comparer. Il suffit, pour distinguer les deux sortes d'inscription, de connecter les circuits de telle sorte que les tops provoquent une déviation à gauche et les secondes une déviation à droite.

Les résultats obtenus conduisent à deux types d'appareils inscripteurs de l'heure, l'un au 1/5 de seconde, destiné à la comparaison d'un chronomètre aux signaux de l'heure, l'autre, au 1/100 de seconde, destiné à inscrire le 1er ou le 180e top radiotélégraphique émis vers 23h30m et à le situer dans la seconde du chronomètre à comparer au 1/100 de seconde près.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 2 avril 1913.

Après les traditionnels rapports administratifs, M. Laporte donne lecture du rapport de M. Janet sur le fonctionnement du Laboratoire et de l'École supérieure d'électricité.

Les essais d'accumulateurs pour la marine, qui portent actuellement sur des groupes de huit éléments au lieu de quatre, ont nécessité l'acquisition d'un groupe moteur à collecteur à courant alternatif simple (220 volts, fréquence 42) — génératrice à courant continu (500 ampères, 30 volts).

Le Laboratoire a effectué des essais de paratonnerres pour le Ministère des Beaux-Arts, des essais photométriques de cinématographes pour le Ministère de l'Instruction publique, des essais oscillographiques variés, l'étude d'une ligne triphasée à 45000 volts, l'étude du courant d'effluve sur des isolateurs à haute tension et des

études de stérilisation d'eau avec le concours de l'Institut Pasteur, etc.

M. Blondel est élu Président d'honneur de la société.

Sur la communication par téléphonie sans fil entre Rome et Tripoli, par M. le professeur Vanni, directeur de l'Institut télégraphique de Rome. — La téléphonie sans fil présente par rapport à la télégraphie sans fil une très grande difficulté : tandis qu'en télégraphie sans fil on transmet un phénomène artificiel simple qui est la production de signaux Morse, on a en téléphonie sans fil un phénomène très compliqué, la voix humaine, dont on doit transmettre non seulement le son fondamental, base de la voix, mais encore les très nombreux harmoniques qui l'accompagnent et cela sans altération sensible de leurs intensités et de leurs phases; on sait du reste que ce fut déjà une grande difficulté de la téléphonie avec fil.

M. Vanni rappelle les travaux antérieurs de MM. Tissot, Blondel, Brennot, Jeance et Colin, Ruhmer, Fessenden, de Forest, Majorana; les résultats étaient tels que l'on peut transmettre la parole à quelques centaines de kilomètres avec une dépense d'énergie inférieure à celle nécessitée par la télégraphie sans fil.

MM. Vanni et Moretti ont pu récemment téléphoner sans fil entre la station militaire de la Marine italienne à Centocelle, à 12 kilomètres de Rome, et Tripoli, soit 1200 kilomètres, avec une dépense un peu supérieure à 1 kilowatt (500 volts et un peu plus de 2 ampères) dans le circuit d'alimentation.

La réception s'obtient au moyen d'un appareil récepteur quelconque de télégraphie sans fil. La différence essentielle réside dans les appareils de transmission : le générateur d'ondes continues et un variateur faisant changer l'intensité du courant d'antenne en correspondance avec les sons à transmettre.

Le générateur diffère du système Poulsen en ce que l'arc est remplacé par un déflagrateur ou générateur d'onde, alimenté en série avec résistance et self par une source à courant continu de 500 volts. Le déflagrateur comporte deux électrodes en cuivre dont l'inférieure A, positive, est perforée et laisse passer un jet d'eau sous une pression limitée et réglable; l'électrode supérieure B, négative, est massive. En dérivation sur AB est le circuit avec capacité et self où se produisent les oscillations. Le déflagrateur, dont la théorie est sans doute analogue à celle de l'interrupteur de Wehnelt, produit quelques centaines de milliers d'étincelles par seconde; c'est là une fréquence beaucoup plus grande que celle des sons émis.

On obtient ainsi dans le circuit antenne-terre des courants élevés de quelques dizaines d'ampères; les microphones ordinaires ne peuvent fonctionner qu'avec des courants de 0,5 à 1 ampère au plus. On a employé ici un microphone hydraulique, sensiblement différent de ceux de Chichester Bell et de M. Majorana.

Le principe de ce microphone repose sur les propriétés des jets liquides (Savart). Un jet liquide de forme cylindrique tombant avec une pression déterminée se compose de trois parties :

La première, partant de l'origine du jet, est limpide et cylindrique;

La seconde, trouble et présentant des fuseaux, n'a qu'une continuité apparente; en l'étudiant stroboscopiquement, on la voit composée de gouttes dont la forme part d'un sphéroïde allongé à axe vertical pour aboutir à un sphéroïde aplati en passant par la sphère;

Dans la troisième partie, la séparation en gouttes est visible directement.

On a donc un phénomène de vibration libre dont la période dépend des conditions de l'écoulement; on peut forcer le jet à suivre des vibrations mécaniques extérieures : on voit alors la région de séparation des deux premières parties du jet monter puis redescendre, le cylindre liquide ayant ainsi une vibration hydrodynamique synchrone avec la vibration extérieure si celle-ci est périodique.

Un tel jet liquide (d'eau acidulée sulfurique) tombant sur une lame de platine inclinée se transforme en un jet laminaire et, quand il vibre, la résistance de la couche étalée varie et, si le jet fait partie du circuit antenne-terre parcouru par des courants oscillatoires, l'intensité de ce courant varie par variation de la résistance du jet, et la variation du son se reproduit dans la variation d'émission. Le microphone est ainsi à jet vibrant et à collecteur fixe.

On obtient le même résultat au moyen d'un microphone à jet fixe et à collecteur vibrant actionné par la membrane du téléphone émetteur au moyen d'un levier convenable.

M. Vanni, dans une belle expérience de projection stroboscopique, montre la division d'un jet liquide en gouttes immobilisées; en parlant devant le jet, la configuration des gouttes change mais reste la même pour un même son.

Les expériences faites à Centocelle, depuis mai 1912, ont permis de communiquer successivement avec Ponza (120 km), Maddalena (260 km), Palerme (420 km), Vittoria (600 km) et enfin Tripoli (1200 km).

Traction électrique par courant continu à haute tension, par M. Gratzmuller. — L'état actuel de la traction électrique est le suivant :

La traction à 500 volts, mise au point en Amérique, est actuellement très perfectionnée; les matériels des différents constructeurs tendent vers l'unité des types.

En passant de la traction urbaine à la traction interurbaine et à la traction sur voie ferrée, on a été conduit à d'autres solutions :

Pour les longues distances, les courants alternatifs ont été employés à cause de l'avantage des transformateurs statiques : M. de Kando adopta la traction triphasée, laquelle présente l'ennui de croisements aériens délicats avec deux fils aériens et l'inconvénient d'un nombre limité de régimes de vitesse.

M. Lamme réalisa ensuite les premières applications de traction à courant alternatif simple.

Les ingénieurs spécialistes en traction par courant continu cherchèrent à défendre ce système en élevant la tension ; les perfectionnements apportés à la construction des moteurs sont tels que l'inexistence des transformateurs statiques n'est peut-être pas un inconvénient.

Production du courant continu. — Dans le cas où la ligne n'est pas très longue et où l'usine génératrice est voisine des voies, on emploie des dynamos à courant continu. Si la source d'énergie est hydraulique, on peut obtenir 1500 volts par collecteur avec pôles auxiliaires ou enroulement de compensation, soit 2 fois 1500 volts pour deux induits en série. Avec turbines à vapeur, on ne peut guère dépasser 500 volts en courant continu.

Lorsque l'usine génératrice est éloignée des voies et la ligne très longue, les sous-stations, alimentées en courants polyphasés, comportent soit des groupes moteur-générateur (Brown-Boveri), soit des commutatrices en cascade (Siemens-Schückert), soit enfin des commutatrices (General Electric Co, Westinghouse), lorsque la tension du courant alternatif rend un transformateur indispensable. Les commutatrices à 25 p:s peuvent donner directement 1200 volts, celles à 50 p:s 750 volts; mais les commutatrices peuvent être mises en série.

Au sujet des turbines, il est probable que la vitesse angulaire de ces machines ira en augmentant, ce qui de plus en plus imposera la commande d'alternateurs; l'augmentation de fréquence résultant de l'augmentation de vitesse sera particulièrement appropriée à l'emploi des convertisseurs métalliques à vapeur de mercure qui peuvent redresser des courants de fréquence quelconque avec un rendement très bon pour les fréquences de 75 à 100; on atteint actuellement des puissances de 200 à 500 kilowatts pour ces convertisseurs.

Ligne. — La ligne ne présente pas de différence essentielle avec la ligne monophasée. Un inconvénient résulte de la faible tension relative qui entraîne des intensités élevées : par exemple une puissance de 1500 kilowatts sous 3000 volts demande 500 ampères, ce qui est beaucoup pour un conducteur de ligne.

Il n'y a pas d'ennui au sujet du télégraphe et du téléphone ; par contre il peut y avoir des ennuis électrolytiques.

Moteurs. — Le moteur d'induction polyphasé a sensiblement même poids que le moteur à courant continu à couple égal, tandis que le moteur monophasé est sensiblement plus lourd; on disait autrefois que le rapport des puissances du moteur continu et du moteur monophasé était $\sqrt{2}$ à cause de la saturation : en réalité, ce rapport est seulement 1,10 à 1,15, car l'on a un plat sur la courbe d'induction en monophasé.

Quand le régime de puissance baisse, on a un avantage pour le moteur à courant continu et en général pour tout moteur à caractéristique série : les pertes baissent, tandis qu'elles restent constantes dans un moteur shunt ou un moteur d'induction. Le moteur série présente aussi un plus grand couple au démarrage, son flux augmentant avec le courant.

Au point de vue de la commutation, le flux Φ dans la section en commutation dépend du déplacement angulaire α et du temps t :

$$\Phi = f(\alpha, t);$$

la force électro-motrice e dans la section est

$$e = \frac{d\Phi}{dt} - L \cdot \frac{dI}{dt},$$

ou

$$e = \frac{d\Phi}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} + \frac{d\Phi}{dt} - L\frac{dI}{dt};$$

pour que la commutation se fasse bien, e doit être plus petit qu'une certaine valeur ε; le premier terme du second membre de e est une force électro-motrice dynamique, le deuxième une force électro-motrice statique; le troisième la force électro-motrice de self. Un grand avantage du moteur continu est que la force électro-motrice statique n'existe pas et que $L\frac{dI}{dt}$ est très faible.

En monophasé, l'emploi des connexions résistantes permet d'admettre une valeur plus grande pour ε, et, avec l'accroissement des vitesses périphériques de collecteur, ε n'est presque plus limité par la considération de la grandeur à donner au flux : on peut faire des collecteurs monophasés à 400 et 500 volts (Midi, Lötschberg). Néanmoins, malgré les connexions résistantes, on a de petites étincelles au démarrage.

En courant continu, on a été conduit à l'emploi de pôles auxiliaires pour diminuer entre autres la force électro-motrice dynamique; mais les fuites et la saturation font qu'on ne peut régler les pôles auxiliaires pour une marche complète, même en diminuant le rôle des ampèretours d'induit par rapport aux ampèretours inducteurs et en employant de grandes zones interpolaires. Il doit être plus avantageux d'employer un enroulement de compensation réparti (permettant de diminuer les ampèretours inducteurs et de réduire l'entrefer; d'où moins de fuites) et de petits pôles auxiliaires; il y aurait de plus cet avantage de supprimer les gros inducteurs de traction qu'il est difficile de maintenir par des ressorts spéciaux.

La perfection de la commutation en traction continue à haute tension s'impose, car les arcs entre balais seraient dangereux.

Le *poids* des moteurs est dicté plutôt par l'échauffement que par les difficultés de commutation. On diminuera le poids en augmentant la vitesse angulaire (ce qui n'augmente pas les pertes dans le cuivre et accroît les pertes dans le fer) et en ventilant; la ventilation permettra l'emploi de conducteurs en aluminium au lieu de cuivre.

On est arrivé à ce résultat paradoxal d'avoir des moteurs monophasés beaucoup moins lourds que des moteurs à courant continu, parce qu'ils étaient ventilés. On re-

proche à la ventilation d'introduire des poussières venant par exemple des sabots de frein; il faut choisir sa prise d'air et il est bien entendu que la ventilation n'est pas la même pour un moteur de tramway sur route poussiéreuse ou boueuse et pour un moteur de locomotives. Dans un moteur fermé, la circulation de l'air est à peu près nulle. Il est difficile de faire passer la chaleur du rotor à l'extérieur; une partie minime passe par l'arbre et les paliers: il en part également peu par rayonnement et par conduction de l'air qui est isolant.

La grosse partie de la chaleur du rotor ne peut être éliminée que par convection; un procédé efficace est de laisser déborder les extrémités des développantes après leur traversée des ailettes du collecteur; ceci a en même temps l'avantage de refroidir le collecteur, ce qui favorise la commutation.

Les ailettes ou cannelures sur les carcasses inductrices, employées par Kando sur les moteurs triphasés, sont indiquées ici également.

Un petit ventilateur placé en bout de l'induit du côté opposé au collecteur fait passer l'air à l'intérieur du collecteur et de l'induit et a un gros effet.

On peut faire entrer l'air par un palier, lui faire traverser le centre du rotor puis le faire passer entre l'extérieur du rotor et le stator pour sortir dans le voisinage de son entrée; on a ainsi un effet puissant.

Un ventilateur auxiliaire semble illogique, car le moteur peut suffire à cet égard, et les liens souples pour amener l'air au moteur sont une difficulté.

Commande. — On emploie des contacteurs avec un circuit de commande à basse tension; le courant de ce circuit est produit par un dynamoteur ou un groupe moteur générateur qui assure en même temps l'éclairage.

M. Gratzmuller examine rapidement, faute de temps, le démarrage et le freinage par transformateur Ward Léonard et de préférence par survolteur-dévolteur à grande vitesse périphérique. Il termine en indiquant les installations existantes, au nombre d'environ 35.

L'inscription des signaux hertziens de l'heure, par M. A. Turpain. — Dès mai 1910, l'inscription photographique des signaux put être faite à 300 kilomètres de Paris (Incriptions obtenues à Poitiers).

Ce procédé abandonné, l'inscription par plume d'enregistreur Richard fut obtenue au moyen d'un micro-ampèremètre enregistreur. On dispose en batterie entre l'antenne et la terre cinq à six pointes électrolytiques. Le micro-ampèremètre inséré dans le circuit de ces pointes, préalablement rendues aussi identiques que possible, fournit des inscriptions lisibles à la loupe et très nettes (Inscriptions obtenues à Poitiers en décembre 1911).

En utilisant des détecteurs à cristaux on a pu obtenir des inscriptions très nettement lisibles à l'œil nu (Inscriptions obtenues à Poitiers en mai-juin 1912). Ces résultats paraissent être la limite de ce que peut donner le micro-ampèremètre enregistreur.

Revenant alors à l'inscription photographique avec l'emploi d'un seul détecteur, on a pu inscrire parallèlement les signaux de l'heure et les secondes d'un chronomètre à y comparer. (Comparaisons d'un chronomètre aux signaux de l'heure obtenue à 1/5 de seconde près).

En employant deux galvanamètres à corde identiques et faisant défiler un film cinématographique ou une pellicule photographique à la vitesse de un décimètre à la seconde, on peut situer le top radiotélégraphique envoyé à 23 h. 20 par la Tour Eiffel dans la seconde du chronomètre à comparer au cours de laquelle il se produit et cela à 1/100 de seconde près. P. G.

REVUE DE LA PRESSE

ÉLECTROTHERMIE

La production de la fonte dans les hauts fourneaux électriques. — Cette question a été traitée par M. Lyon au Congrès international de chimie appliquée de Washington. Il existe en Suède et Norvège 5 fourneaux d'une puissance totale de 11 200 kw et un fourneau de 1500 kw en Californie. Trois fourneaux de 2500 kw sont en construction en Norvège et un de 1800 kw en Suisse. La puissance totale des installations actuelles établies en vue du traitement électrique du minerai en fer est de 24000 kilowatts. En Californie, la Compagnie Noble Electric Stell C° installe actuellement deux nouveaux fourneaux de 100 tonnes. La principale difficulté réside dans l'entretien des parois du four et dans la façon d'éviter les ruptures d'électrodes. Les dépenses pour la réduction du minerai dans les fourneaux thermiques en partant du prix de 25 fr la tonne pour le coke et dans les fourneaux électriques avec un prix du kilowatt-an de 75 francs sont à peu près égales. L'économie du fourneau électrique dépend en première ligne du prix de l'énergie et de la proximité d'une chute d'eau suffisante. La production du courant électrique par les gaz de hauts-fourneaux à raison de 100 fr le kilowatt-an donne une économie inférieure à celle du haut-fourneau ordinaire. (*The Electr.*, 25 oct., 12.) M. A.

INSTALLATIONS

Nouveau limiteur de courant. (*E. T. Z.*, n° 38, 1912.) — On vient d'établir un nouveau limiteur de courant, formé de deux tubes de verre, ajustés à angle droit, dans lesquels on introduit du mercure et on fait le vide.

Dans le tube vertical est placé un noyau en fer plongé dans le mercure de façon que celui-ci déborde dans le tube horizontal.

Ce dernier tube forme interrupteur de la façon suivante: à sa partie inférieure il existe deux cuvettes au fond desquelles se trouve une électrode de platine. Ces électrodes sont toujours entourées de mercure et refroidies de cette façon.

A l'état normal le mercure déborde du tube vertical, inonde le tube horizontal et relie ainsi électriquement les deux cuvettes.

La partie supérieure du tube vertical est entourée d'un solénoïde qui est placé en série avec les électrodes de platine des cuvettes.

Entre la bobine et le tube de verre est glissée une courte gaine en fer débordant légèrement le solénoïde à la partie

supérieure. Sur cette partie débordante du tube de fer se visse une rondelle, du même métal, ayant un diamètre un peu plus grand que la joue de la bobine elle-même, de sorte que l'on peut faire varier la sensibilité de l'appareil en rapprochant ou en éloignant la rondelle du solénoïde.

S'il passe un courant suffisant dans la bobine, celle-ci attire le noyau de fer plongé dans le mercure, qui reflue alors dans le tube vertical en coupant la liaison électrique des deux cuvettes. Le courant ne passe plus, le noyau retombe alors et le mercure rétablit le courant.

Ces actions se reproduisent aussi longtemps que le courant n'est pas ramené à sa valeur normale.

On élimine l'influence des effets magnétiques extérieurs grâce à un couvercle en tôle de fer qui recouvre toutes les parties parcourues par le courant.

Grâce au système de réglage décrit on peut faire varier la sensibilité de l'appareil de 100 pour 100; pour des variations plus fortes encore on peut déplacer la bobine elle-même.

Cet appareil n'est pas détérioré par les court-circuits; on a rendu les tubes assez forts pour qu'ils résistent à des séries de 3 à 5 court-circuits espacés de une seconde; après quoi il faut une pause d'un demi-heure de régime normal, pour que l'appareil soit de nouveau prêt à supporter une nouvelle série de perturbations. Il faut ajouter que le circuit doit être protégé par des fusibles de 6 à 10 amp et que ces plombs doivent être remplacés après chaque court-circuit. F. H.

MESURES

Méthode directe expérimentale pour la détermination de la résistance de rayonnement d'un poste émetteur. (Erskine-Murray. *Annuaire de télégraphie et de téléphonie sans fil*, livre 5, p. 499). — L'auteur emploie un procédé semblable à celui utilisé par M. Reich dans ses essais de Göttingen.

A une distance de quelques longueurs d'onde de la station émettrice on installe un poste récepteur dans l'antenne duquel on mesure le courant reçu i_1.

Appelons R la résistance ohmique de l'antenne du poste émetteur, I le courant dans cette antenne; alors l'énergie à fournir dans ce poste sera :

$$P = A\, i_1^2 + R\, I_1^2 \qquad (1).$$

Le second terme donne la perte par effet Joule dans l'antenne duposte émetteur; A est la grandeur cherchée, c'est-à-dire la constante qui, multipliée avec i_1^2, le carré du courant mesuré, donne l'énergie totale rayonnée.

On fait varier ensuite la hauteur de l'antenne du poste émetteur, de façon que la longueur d'onde reste autant que possible la même, et que seule l'énergie rayonnée varie. On obtient alors :

$$P = A\, i_2^2 + R\, I_2^2 \qquad (2)$$

Des deux égalités (1) et (2) on peut tirer A et R. (*E. T. Z.*, 16 janvier, 1913.) F. H.

MOTEURS THERMIQUES

Classification des combustibles pour moteurs Diesel. — Les combustibles employés sont des huiles à bas prix, difficilement inflammables, dont l'utilisation n'était pas possible autrefois. La production de ces huiles est suffisamment abondante pour qu'un épuisement ou une hausse sensible de leur prix ne soient pas à craindre. On peut les classer en trois groupes, de provenances et compositions chimiques différentes, présentant le caractère commun de posséder un point d'inflammation supérieur à 65° C. Ce dernier point a son importance au point de vue de l'emmagasinage de certaines quantités de combustibles.

Les trois groupes d'huiles sont :

1° L'huile de pétrole brute;

2° Les produits de la distillation du goudron de bitume et de lignite;

3° Les produits de la distillation du goudron de houille.

1° *Huile de pétrole.* — Le produit de la distillation de l'huile de pétrole brute est l'huile de gazoline, qui distille entre le pétrole lampant et l'huile de pétrole et dont le point d'ébullition est compris entre 200 et 340° C. Son point d'inflammation varie, suivant les échantillons, entre 65 et 150° C., et son poids spécifique entre 0,80 et 0,90. Le pouvoir calorifique est d'environ 10000 calories au kilogramme. Presque toutes les huiles de gazoline viennent de l'étranger, notamment de Galicie.

2° *Huile de paraffine.* — L'huile de goudron de lignite, connue sous le nom d'huile de paraffine, est un produit de la distillation sèche de lignite. Son point d'ébullition varie également entre 200 et 340° C. Son poids spécifique varie de 0,88 à 0,95; son pouvoir calorifique est d'environ 9800 calories au kilogramme. L'huile de goudron de bitume, obtenue par distillation du goudron de bitume, possède un poids spécifique compris entre 0,895 et 0,928. Son point d'inflammation varie entre 65 et 190° C. et son pouvoir calorifique entre 10000 et 10500 calories par kilogramme.

3° *Huile de goudron de houille.* — L'huile de goudron de houille est un produit de la distillation sèche de la houille. Son prix assez bas lui assure un emploi important comme combustible pour les moteurs Diesel; sa production en 1912 est estimée à environ 150000 tonnes. La principale source est le goudron provenant des fours à coke. C'est une huile très liquide, d'une couleur vert brun, qui présente l'odeur caractéristique du goudron. Son poids spécifique est de 1,05 à 1,10; son pouvoir calorifique varie de 8800 à 9500 calories. Sa distillation commence vers 200 degrés et se termine à 360.

Goudron des fours à cornues verticales. — Le goudron tel qu'il sort des fours à cornues verticales a trouvé récemment son emploi à l'alimentation des moteurs Diesel. Ce goudron, étant un produit brut, ne présente pas une composition aussi uniforme que celle des huiles déjà mentionnées. Les variations sont cependant peu importantes et il est fort probable que les usines productrices pourront garantir une uniformité suffisante lorsque les consommateurs l'exigeront. Ce goudron est presque exempt de carbone, dont il ne contient pas une proportion supérieure à 4 pour 100, grâce au peu de contact qu'ont les produits de la distillation de la houille dans les fours à cornues verticales avec des parois chaudes. Sa fluidité est par conséquent très grande, et son emploi est aujourd'hui réalisé commodément par presque toutes les bonnes fabriques de moteurs Diesel. Un chauffage préalable par l'eau de refroidissement du moteur est nécessaire. Son poids spécifique est d'environ 1,12 et son pouvoir calorifique est d'environ 9000 calories par kilogramme. M. A.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Locomotives d'atelier à accumulateurs. — La Compagnie Milwaukee Electric Railway et Light C°, utilise, pour le transport des wagons de chemin de fer dans les ateliers ainsi que pour celui des voitures de tramway, une petite locomotive à accumulateurs d'un poids de 6,35 tonnes pouvant remorquer des voitures de 22 tonnes à la vitesse de 8 km par heure. Cette locomotive est munie d'accouplements différents pour ces deux genres de voitures.

La batterie comprend 44 éléments « Oxide » fournissant le courant à 2 moteurs Westinghouse de 80 volts. Les freins et les interrupteurs de manœuvre existent en double dans la cabine du conducteur, afin de permettre une manœuvre commode pour les deux sens de marche. Sa longueur du châssis

est de 5,50 m, sa largeur de 1,95 m. Les dimensions de la cabine du conducteur sont de 1,22 m 1,57 m en surface et 2,15 m en hauteur. La recharge de la batterie dure 8 heures et suffit à un service de 2 à 5 semaines. (*E. K. B.*, n° 36, 1912.)

M. A.

Condition d'exploitation économique des chemins de fer électriques. — Le facteur le plus important est la réduction du poids de la partie mécanique et de l'équipement électrique. La diminution du poids des moteurs est obtenue par une construction spéciale comportant l'utilisation maximum du matériel actif, l'emploi d'isolants de très bonne qualité, la ventilation artificielle et le choix d'une vitesse la plus élevée possible. Les pertes, notamment celles aux démarrages, croissent très vite lorsque la vitesse dépasse 550 tours par minute. Le système à deux moteurs présente une série d'avantages sur le système à quatre moteurs; entre autres, le poids de l'équipement y est inférieur de 30 pour 100 et les frais d'achat et d'entretien en sont moindres.

Le choix, dans chaque cas, du rapport de réduction approprié est d'une grande importance pour l'économie de la commande électrique. Les moteurs à faible vitesse accouplés à des trains d'engrenages d'un rapport maximum de 5 à 1 conviennent pour les tramways à arrêts fréquents, par suite de la grande accélération qu'ils permettent aux démarrages, tout en n'occasionnant que des pertes faibles. A des vitesses de 16 à 30 kilomètres à l'heure correspondent le plus souvent des valeurs de 500 à 650 t : m pour les moteurs et des rapports de réduction de 3,5 ou 5 à 1. Une élévation de la vitesse du moteur au-dessus de 650 t : m est rarement avantageuse, même pour des vitesses supérieures à 30 km à l'heure. L'accélération au démarrage ne doit pas dépasser 0,80 m par seconde par seconde; le ralentissement au freinage peut être un peu plus rapide. Une augmentation de 50 pour 100 de l'accélération au démarrage entraîne un accroissement de 30 pour 100 de la dépense de courant, compensé partiellement par les gains réalisés dans les périodes de marche plus longues et la diminution des pertes dans les résistances aux démarrages. Le réglage de la vitesse par variation du champ a donné de bons résultats. Il peut être cependant avantageux de le combiner avec le réglage série-parallèle (chemins de fer de Pensylvanie). Cette combinaison des deux méthodes permet l'emploi de moteurs à faible vitesse, grande accélération et faible consommation. L'auteur montre, à l'aide d'une série de diagrammes et de tables, qu'avec des moteurs à faible vitesse, le réglage mixte par le champ et la mise en série parallèle, ajouté à une élévation du rapport de réduction des engrenages, produit une diminution de la consommation d'énergie de 20 pour 100, en même temps qu'un abaissement de la température du collecteur de 80° C. à 60° C. (*Proceed. A. I. E. E.*, août 1912.

M.. A

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention Dupont et Elluin, 42, *boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. Elluin, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

445 670. — **Cervenka.** — *Procédé de réparation des lampes à incandescence* (19 juillet 1911).

445 859. — **Veglio de Castalletto.** — *Perfectionnements apportés aux freins des voitures électriques* (20 avril 1912).

445 854. — **Steidle.** — *Dispositif de connexion pour commutateurs de groupes automatiques pour la commande de plusieurs postes téléphoniques avec raccordement au bureau commun* (16 avril 1912).

445 855. — **Von Kramer.** — *Installation de télégraphie et de téléphonie sans fil fonctionnant par induction* (18 avril 1912).

445 955. — **Girardeau.** — *Système d'éclateur* (17 mai 1912).

445 957. — **Pope.** — *Système télégraphique* (17 mai 1912).

445 961. — **Bhisey.** — *Appareil téléphonique* (17 mai 1912).

445 965. — **Société dite : Le matériel téléphonique.** — *Appareil pour renforcer ou reproduire les courants téléphoniques* (18 mai 1912).

444 048. — **Von Laskowski.** — *Dispositif applicable aux téléphones pour indiquer automatiquement les taxes des conversations* (20 mai 1912).

444 117. — **Torikata, Yokoyama et Kitamura.** — *Perfectionnements apportés aux oscillateurs pour la radiotélégraphie, la radiotéléphonie et autres applications analogues* (22 mai 1912).

445 940. — **Siemens Schuckert Werke G. m. b. H.** — *Inducteur rotatif en forme de tambour pour machines dynamo-électriques* (18 mai 1912).

444 070. — **Société Bergmann Electricitäts-Werke A. G.** — *Dispositif de couplage pour le réglage de tours sans pertes des moteurs asynchrones.*

15 909/421 451. — **Société d'électricité Nilmelior.** — *Système d'alterno-fluxeur magnétique applicable aux machines magnéto-électriques et aux machines à courants alternatifs* (10 mai 1912).

445 953. — **Ateliers de Constructions électriques de Charleroi.** — *Relais électrique* (17 mai 1912).

444 040. — **Becker.** — *Dispositif de ligne pour circuits ou systèmes de courants à courants électriques temporairement variables, destiné à réduire les phénomènes nuisibles de voltage* (20 mai 1912).

15 866/425 268. — **Morand.** — *Interrupteurs pour fils souples* (5 mai 1912).

15 885/435 540. — **Société Ducretet et Roger.** — *Perfectionnements aux condensateurs électriques à grand isolement* (26 juillet 1911).

445 956. — **Girardeau.** — *Procédé d'excitation indirecte pour circuits oscillants* (17 mai 1912).

444 078. — **Delsol fils.** — *Lampe à vapeur de mercure* (21 mai 1912).

444 081. — **Sturge.** — *Appareils pour la suspension réglable de lampes électriques et autres* (21 mai 1912).

441 804. — **L. M. Ericcson et Cie.** — *Système de transmission automatique de signaux ou d'indications provenant d'appareils divers* (21 février 1912).

441 959. — **Bull, Arnesen et Sizer.** — *Perfectionnements apportés à la télégraphie sans fil* (30 mars 1912).

442 012. — **Mazen et Lacroix.** — *Dispositif pour l'équipement des voies ferrées à traction électrique* (10 juin 1911).

441 960. — **Dosne.** — *Système d'utilisation des lignes téléphoniques et télégraphiques aériennes comme antennes de réception pour la télégraphie sans fil* (30 mars 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

72879. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 513. 10 Mai 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Les chemins de fer électriques en Italie. — Câbles souterrains à haute tension. — Statistique des stations centrales hollandaises en 1911. — Les diplômes délivrés par les écoles techniques allemandes. — Les inconvénients de la pose des conducteurs seuls dans le cas de courant alternatif. — Emploi d'une lampe à incandescence comme récepteur téléphonique. — Statistique des usines suédoises électriques en 1910 201

La traction par courant continu à 1200 volts. **Bayette** 205

Le calcul des machines à courant alternatif (*suite*). 210

L'automobilisme électrique aux États-Unis. **H. Marchand**. . . . 216

Académie des sciences. — *Séance du 10 février 1913* : Nouvel électromètre idiostatique, par **M. V. Crémieu**. 218

Séance du 17 février 1913 : Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant en générateurs ou en récepteurs sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions, par **André Blondel**. — Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante, par **M. Grumbach** 219

Société internationale des électriciens. — *Séance du 17 avril 1913* : L'électrification des chemins de fer du Midi. La traction électrique aux États-Unis 220

Revue de la presse. — *Eclairage* : L'éclairage des rues de Chicago. — *Installations* : Machines soufflantes à turbines pour usines à gaz et installations de hauts-fourneaux. — *Mesures* : Comparaison de la self-induction de deux bobines. — *Traction électrique* : Chemins de fer électriques des banlieues de New-York et de Boston. — *Transformateurs* : Nouveaux transformateurs à rapport de transformation variable 222

Brevets d'invention 224

INFORMATIONS

Les chemins de fer électriques en Italie. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 6 mars.) — L'administration des chemins de fer de l'État italien s'occupe beaucoup de traction électrique. Le rapport de l'année 1911-1912, s'exprime ainsi : « Le développement de la traction électrique sur les lignes de montagne et sur celles qui ont un grand nombre de tunnels, doit être poursuivi, car les résultats techniques obtenus dans les nouvelles installations entre Sampierdarena et Busalla aussi bien que entre Salbertraud et Bardonnèche sont concluants ; la sécurité et la régularité du trafic sont assurés ».

Le développement de la traction électrique ne sera même pas une charge financière, car l'économie réalisée sur l'emploi du charbon, par celui de l'énergie électrique, à bon marché, sera plus grande que l'intérêt du capital à engager.

La ligne Pontedecimo-Busalla, qui comprend le tunnel de Giovi de 13 km. de longueur, ainsi que (à partir d'octobre 1912) celle de Pontedecimo à la gare de triage de Campasso ont été électrifiées. Cette année-ci la ligne du Mont-Cenis sera électrifiée et déjà on fait un service d'essai entre Bardonnèche et Salbertrand.

La partie de la ligne comprise entre Bardonnèche et la frontière française est terminée depuis 1912, et les travaux sont reçus, mais l'administration française est en retard pour les installations électriques de la gare de Modane. Les installations de la ligne du Mont-Cenis présentent un grand progrès sur celles du tunnel de Giovi.

La ligne Savone-Saint-Joseph, sera électrifiée; les travaux sont commencés sur la ligne Varese-Milan, l'ancienne usine à vapeur de Tornavento a été remplacée par une usine hydraulico-électrique, située près du Simplon, et appartenant à la société Dynamo.

De la fin d'août au milieu de septembre l'usine électrique de Morbegno a dû interrompre son service, par suite d'un éboulement de rochers dans le canal d'amenée et on a dû reprendre pendant ce temps la traction à vapeur sur la ligne de la Valteline; c'était la première fois, depuis dix ans, que la traction électrique avait subi un arrêt de longue durée. Pour éviter que ce fait ne se renouvelle, l'administration a fait recouvrir le canal d'amenée.

L'administration des chemins de fer de l'État a passé un grand nombre de contrats avec des sociétés particulières pour la fourniture de l'énergie électrique et elle continue sans interruption les études relatives à l'emploi de l'énergie hydraulique du pays pour la traction des chemins de fer. F. L.

Câbles souterrains à haute tension. — L'emploi des câbles dans les chemins de fer à traction électrique fera cette année un progrès très remarquable, qui mettra l'Italie en première ligne même dans ce genre d'applications.

On est déjà en train de poser 70 kilomètres de câble triphasé souterrain armé 3×40 mm² à 25 000 volts, pour l'application de la traction électrique sur la ligne Milan-Lecco. Ce câble a été fourni par la maison Pirelli et Cie de Milan, qui vient également de signer une convention avec l'administration des chemins de fer de l'État pour la fourniture de 50 kilomètres de câble triphasé souterrain armé 3×50 mm² à 27 500 volts, destiné à l'application de la traction électrique sur la ligne auxiliaire du Pas des Giovi. Ce câble sera soumis à un essai de 85 000 volts dans le laboratoire et à un autre essai à 65 000 volts après la pose.

Statistique des stations centrales hollandaises en 1911. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 13 mars.) — La statistique dressée par le « Koninklyk von Ingenieurs » de 1911 donne des renseignements sur 37 usines électriques, en exploitation ou en construction; il n'y a aucun renseignements sur 16 autres usines mentionnées. Il y eu tout 53 usines électriques qui fournissent du courant à 80 entreprises.

20 des 37 usines sur lesquelles des renseignements sont fournis appartiennent à des municipalités, les 17 autres à des particuliers.

24 des usines sont à vapeur, 9 ont des moteurs à explosion et 4 ont à la fois des machines à vapeur et des moteurs à explosion.

NATURE DU COURANT ET PUISSANCE

SYSTÈME.	NOMBRE DES USINES.	PUISSANCE NORMALE EN KW		PUISSANCE TOTALE.
		DYNAMOS.	ACCUMULAT.	
Courant continu	18	8 771	2077	10 848
Courant alternatif simple.	1	3 600	»	3 600
Courant triphasé.	10	10 730	»	10 730
Système mixte.	8	47 770	3976	51 746
Totaux	37	70 871	6053	76 921

29 des usines ont fourni 72 millions de kw-h, au prix moyen de 19 centimes le kw-h. F. L.

Les diplômes délivrés par les écoles supérieures techniques allemandes. — Il existe en Allemagne 11 écoles techniques supérieures officielles, d'où sortent des ingénieurs diplômés et qui délivrent également des diplômes de docteur-ingénieur. Ce sont celles de : Aix-la-Chapelle, Berlin, Brunswick, Breslau (fondée en 1911), Dantzig (fondée en 1903), Darmstadt, Dresde, Hanovre, Karlsruhe, Munich et Stuttgart.

Les ingénieurs qui en sortent, obtiennent des diplômes pour les branches suivantes : 1° architecture; 2° construction; 3° arpentage; 4° mécanique; 5° électrotechnique; 6° administration et fabriques; 7° constructions navales et construction de machines marines; 8° chimie et métallurgie; 9° sciences générales. L'école de Darmstadt et celle de Munich forment également des ingénieurs agronomes.

De 1902 (alors qu'il existait 9 écoles techniques supérieures) à 1911, il a été délivré 1288 diplômes de docteurs-ingénieurs et 12 360 diplômes d'ingénieurs parmi lesquels 130 diplômes de docteurs-ingénieurs électriciens et 1491 diplômes d'ingénieurs électriciens.

L'école de Munich a délivré le plus grand nombre de diplômes de docteurs-ingénieurs (299 dont 22 électriciens) et celle de Berlin le plus grand nombre de diplômes d'ingénieurs (2788 dont 230 électriciens); c'est l'école de Darmstadt qui a délivré le plus grand nombre de diplômes d'ingénieurs électriciens (478).

Dans l'année scolaire 1902-1903, les 9 écoles techniques supérieures ont nommé 77 docteurs-ingénieurs et délivré 879 diplômes d'ingénieur; pendant l'année scolaire 1910-1911 il a été délivré 247 diplômes de docteurs-ingénieurs (dont 34 à des électriciens) et 1540 diplômes d'ingénieur (dont 335 à des électriciens).

Les docteurs-ingénieurs en chimie et métallurgie sont les plus nombreux (659). Le plus grand nombre des ingénieurs diplômés (3700) sont des constructeurs mécaniciens. F. L.

Les inconvénients de la pose des conducteurs seuls dans des tuyaux dans le cas de courant alternatif. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 20 février.) — Dans une conférence faite le 26 novembre dernier à la Société électrotechnique de Berlin, M. le docteur-ingénieur L. Bloch, s'est occupé de la question de la pose des conducteurs dans les tuyaux et a donné les résultats d'essais entrepris par la Société des usines électriques de Berlin.

Le paragraphe 21 des prescriptions de l'Union des électrochniciens allemands relatives aux installations est ainsi conçu : « Tous les conducteurs d'un circuit alternatif ou polyphasé doivent être placés sous une même enveloppe, quand ils sont protégés par une armature ou un tuyau en fer; à moins que l'échauffement de l'enveloppe de fer ne puisse être évitée par un autre moyen. »

Cette prescription, très gênante dans certains cas, n'est pas toujours suivie par le monteur et l'installateur, soit qu'il l'ignore, soit qu'il la juge de peu d'importance; on manque du reste de données précises sur les inconvénients de sa non-observation.

Un cas de non-observation de cette prescription, qui a entraîné des frais de remaniement assez considérables, s'est présenté dans une installation faite par la Société des usines d'électricité de Berlin; il s'agissait d'un réseau triphasé assez étendu, ayant des conducteurs parcourus par des courants de 100 à 200 ampères. Afin de se rendre compte si la prescription doit être observée dans tous les cas, et si l'on ne pourrait placer les conducteurs seuls, dans des tubes de papier recouvert de laiton, la Société a fait procéder à des essais dans son laboratoire.

Les causes physiques des inconvénients sont bien connues; le champ magnétique d'un conducteur est considérablement renforcé, si on le place sous une enveloppe de fer, et il y a production de courants de Foucault dans les parties métalliques massives, ce qui donne lieu à une perte d'énergie et à une augmentation de température, qui se communique au conducteur. Dans le cas où l'on place les 2 conducteurs d'un circuit à courant alternatif simple ou les 3 conducteurs d'un circuit triphasé sous une même enveloppe, on n'a pas de champ extérieur, ceux des conducteurs se détruisant.

Au point de vue des prescriptions techniques pour la pose des conducteurs, on n'a à se préoccuper que de l'échauffement, c'est pour cela que Weber, dans ses commentaires des prescriptions, ne parle que de celui-ci.

Pour l'abonné la chute de tension supplémentaire et la perte d'énergie ont de l'importance, la première au point de vue du bon fonctionnement des appareils et la perte d'énergie au point de vue de la dépense supplémentaire.

Afin de déterminer les pertes, un conducteur de 70 mm² de section a été placé successivement dans divers tuyaux de 3 mètres de longueur et on y a fait circuler des courants d'intensités différentes à la fréquence de 50 p : sec.; on mesurait, à l'aide du voltmètre et du wattmètre, la chute de tension et la perte de puissance de la partie du conducteur placée dans le tuyau.

Les résultats obtenus avec une intensité de 200 ampères sont indiqués dans le tableau n° 1; afin de faciliter son emploi, le tableau donne les pertes qui correspondent à une longueur de tuyau de 10 mètres.

TABLEAU I.

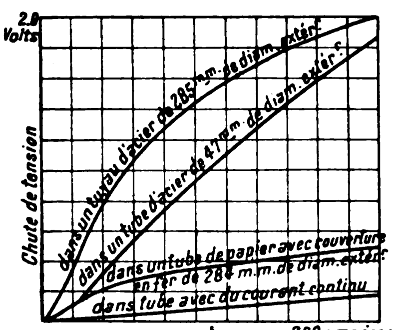
	DIMENSIONS DES TUYAUX		CONDUCTEUR DE 70 MM², 10 M DE LONGUEUR, 200 AMPÈRES						ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE DU FIL	
			CHUTE DE TENSION				PERTE DE PUISSANCE			
	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR EN MM.	ÉPAISSEUR DES PAROIS OU DE LA CHEMISE EN MM.	OHMIQUE EN VOLTS.	INDUCTIVE EN VOLTS.	TOTALE EN VOLTS.	PROPORTIONNELLE.	EN WATTS.	PROPORTIONNELLE.	A 100 A MESURÉE EN DEGRÉS.	A 200 A CALCULÉE EN DEGRÉS.
Avec du courant continu	»	»	0,52	»	0,52	1	104	1	5	20
Avec du courant alternatif :										
Dans un tuyau de papier avec chemise de laiton	28,5	0,2	0,56	0,32	0,65	1,25	112	1,08	7	28
Dans un tuyau de papier recouvert de fer plombé	28,5	0,25	0,80	1,95	2,10	4	160	1,54	10	36
Dans un tuyau d'acier	28,3	1,7	3,75	4,70	6,00	11,5	750	7,2	29	57
Dans un tuyau d'acier	37,0	2,0	4,90	3,85	6,25	12	980	9,4	23	69
Dans un tuyau d'acier	47,0	2,5	5,20	2,10	5,60	10,7	1040	10	22	85
Dans un tuyau d'acier fendu longitudinalement	28,3	1,7	0,80	1,88	2,08	4	178	1,7	9	36

La première ligne du tableau donne les pertes obtenues avec du courant continu, le conducteur n'étant pas placé dans un tuyau.

L'élévation de température de régime du conducteur a été mesurée lors de la circulation d'un courant de 100 A et calculée pour un courant de 200 ampères ; l'élévation de température a été mesurée par augmentation de résistance, en employant du courant continu. La température relevée au thermomètre, aux extrémités du tuyau, était de 3° à 5° inférieure à celle mesurée.

La chute ohmique de tension avec le courant alternatif a été déterminée en divisant la puissance perdue, mesurée au wattmètre, par l'intensité du courant ; la chute de tension inductive a été déterminée en soustrayant géométriquement la chute ohmique de la chute totale mesurée (racine de la différence des carrés).

La 2ᵉ ligne indique le résultat des mesures, quand le conducteur est placé dans un tube de papier recouvert de laiton, la chute totale de tension est de 25 pour 100 plus



élevée qu'avec le courant continu ; ceci provient du fait que les conducteurs d'aller et de retour étaient distants l'un de l'autre d'environ 5 cm ; s'ils avaient été placés l'un près de l'autre, la chute de tension inductive eût été moindre et l'augmentation de chute totale de tension, négligeable ; l'augmentation de perte de puissance, qui est de 8 pour 100, est peu importante. L'élévation de température était, il est vrai, de 8 degrés plus élevée qu'avec le courant continu, mais cette augmentation provient principalement de ce que, dans le cas de courant continu, le conducteur n'était pas dans un tuyau ; la perte de puissance dans l'enveloppe de laiton est insignifiante et ne provoque pas d'élévation de température. On peut donc conclure que l'on peut placer un conducteur à courant alternatif seul dans un tube de papier enveloppé de laiton, même quand l'intensité du courant atteint 200 ampères.

Les conditions sont tout autres pour des enveloppes de fer, ainsi que le montre le tableau I. Même dans le cas de tube de papier avec enveloppe en fer plombé, malgré la faible épaisseur de cette dernière, la chute de tension totale est 4 fois plus élevée qu'avec le courant continu, ce qui peut être gênant pour le fonctionnement des appareils ; cette augmentation est due à l'accroissement de la chute inductive. La perte de puissance est de 1,54 fois plus forte qu'avec du courant continu et l'augmentation de l'élévation de température n'est pas négligeable.

Les inconvénients sont encore plus grands quand le conducteur est placé seul dans un tuyau d'acier ; il y a augmentation de la chute inductive et de la chute ohmique, de sorte que la chute totale est plus de 10 fois plus élevée qu'avec le courant continu, ainsi que le montre le tableau pour des tuyaux de diverses épaisseurs. La perte de puissance est très grande, et en résumé on peut dire que la pose d'un conducteur seul dans un tube d'acier est à rejeter absolument pour des intensités alternatives un peu élevées.

Afin de diminuer les pertes, on a conseillé de fendre longitudinalement les tuyaux, mais cela n'améliore pas beaucoup les choses, comme le montre la dernière ligne du tableau 1 ; avec le tuyau fendu on a à peu près les mêmes pertes qu'avec un tube de papier recouvert de fer plombé.

Les courbes de la figure donnent la valeur de la chute totale de tension, en fonction de l'intensité du courant dans les divers cas. On voit sur la courbe supérieure, l'influence de la saturation magnétique du tuyau.

La perte de puissance est d'abord proportionnelle au carré de l'intensité, puis, quand il y a saturation, l'augmentation est moins rapide, comme le montrent des courbes tracées par M. Bloch ; en prenant comme abscisses les carrés de l'intensité, les courbes sont des droites tant qu'il n'y a pas saturation.

On a aussi procédé à des essais pour se rendre compte de l'influence des tuyaux dans le cas de faible intensité ; on a employé un fil conducteur de 6 mm² de section et des intensités normales de 31 et 50 A ; les résultats obtenus sont donnés dans le tableau n° 2.

Dans le cas de pose dans un tube de papier recouvert de fer plombé, l'augmentation de la chute de tension est faible, de 20 pour 100, par rapport à celle avec courant continu et la perte de puissance est de 9 pour 100 plus élevée ; ces augmentations ne doivent pas être attribuées à la nature du tuyau mais seulement à la pose dans un tuyau.

Dans le cas de pose de conducteur, seul, dans un tuyau de fer, la chute de tension et la perte de puissance sont envi-

ron 2,5 fois plus élevées qu'avec du courant continu et l'augmentation d'élévation de température est considérable.

On a procédé à des essais pour se rendre compte de l'efficacité d'un dispositif souvent employé pour diminuer les pertes et qui consiste à relier électriquement de place en place les tuyaux dans lesquels sont placés les divers conducteurs, ce qui se fait ordinairement au moyen de traverses en fer vissées sur les tuyaux. Ce dispositif fait disparaître à peu près complètement la tension dans le tuyau et diminue par conséquent la chute de tension inductive dans le conducteur, ainsi que le montre la dernière ligne du tableau n° 2; par contre la perte de puissance dans le tuyau et la chute totale de tension dans le conducteur sont peu diminuées; il en est de même de l'échauffement du tuyau et du conducteur. Le moyen est donc peu pratique.

En résumé, on peut conclure qu'à la fréquence ordinaire : Il ne faut jamais placer un conducteur unique dans un tuyau d'acier, principalement quand l'intensité du courant dans le conducteur dépasse 50 ampères; en premier lieu à cause de l'élévation de température et aussi à cause de la chute de tension et de la perte de puissance.

On doit éviter de placer un conducteur unique dans un tube de papier recouvert de fer plombé toutes les fois que l'intensité dépasse 100 ampères; principalement à cause de la chute de tension.

La pose d'un conducteur unique dans un tube de papier enveloppé de laiton ne cause qu'une augmentation peu importante de la chute de tension, de la perte de puissance et de l'élévation de température.

Les moyens employés ordinairement pour diminuer les pertes, fente longitudinale du tube de fer et liaisons électriques entre les tubes, ont peu d'efficacité. F. L.

Tableau II.

	Dimensions des tuyaux		Fil de 6 mm² de section, 10 m de longueur, 31 ampères						Élévation de température du fil mesuré à 31 ampères en degrés.
			Chute de tension				Perte de puissance		
	Diamètre extérieur en mm.	Épaisseur des parois en mm.	Ohmique en volts.	Inductive en volts.	Totale en volts.	Proportionnelle.	En watts.	Proportionnelle.	
Avec du courant continu	»	»	0,94	»	0,94	1	29,10	1	8
Avec du courant alternatif :									
Tuyau de papier avec enveloppe de fer plombé	18,7	0,2	1,02	0,48	1,13	1,20	31,70	1,09	15
Tuyau d'acier	18,6	1,5	2,50	0,94	2,48	2,65	71,50	2,45	19
Tuyaux d'acier reliés électriquement	18,6	1,5	2,01	0,40	2,05	2,20	62,00	2,15	17

Emploi d'une lampe à incandescence comme récepteur téléphonique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 20 mars.) — En envoyant des courants microphoniques dans le filament d'une lampe à incandescence, on peut dans certains cas arriver à la faire parler. Il est probable que les variations d'intensité du courant provoquent des changements de température du filament, qui entre en vibration, et que ces vibrations se communiquent à l'ampoule.

On ne peut expliquer le phénomène par l'action thermotéléphonique du filament, car il est placé dans le vide; du reste, plus le verre est mince mieux l'expérience réussit. L'emploi d'un gros filament améliore aussi les conditions de l'expérience, car on a alors de plus grandes variations de température.

On n'a pu obtenir de résultat avec des lampes de 16 et 32 bougies; on a réussi avec une lampe Osram de 100 bougies; on réussit encore mieux avec des lampes de 500 et 1000 bougies ou bien des lampes dont l'ampoule est en verre excessivement fin.

La lampe Osram de 100 bougies était alimentée par du courant continu à 120 v et une bobine de self-induction placée dans le circuit d'alimentation empêchait les courants microphoniques d'y pénétrer.

Le filament de la lampe était branché, en même temps qu'un condensateur de 2 microfarads, dans le secondaire d'un transformateur.

Dans le primaire du transformateur était disposé un microphone « stentor » de la Société Mix et Genest, pour courants intenses, et une batterie de 5 éléments d'accumulateur.

Le primaire du transformateur avait 300 spires et le secondaire 5300, les résistances des enroulements étaient respectivement de 1 et de 200 ohms.

Quand on parlait très fort dans le microphone, on pouvait entendre la lampe très distinctement en se plaçant tout près.

F. L.

Statistique des usines électriques suédoises à la fin de 1910. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 10 avril.) — Les deux plus importantes usines électriques sont celles de Trollhättan (29 400 kw en 1910) et de Guldspang (12 500 kw.)

Le réseau des distributions de l'usine de Trollhattan a un développement de 508,3 km, celui de l'usine de Guldspang de 160,1 km.

L'usine de Hemsjo, d'une puissance de 5650 kw, emploie pour ses lignes aériennes, qui ont 126,3 km de longueur, des poteaux en béton armé; la longueur normale des portées est de 225 m et l'isolateur le plus bas est à 16 m au-dessus du sol.

Le nombre de chutes d'eau utilisées n'a pas beaucoup augmenté pendant les dernières années; cela tient surtout à ce que le gouvernement a fait valoir certains droits sur elles, de sorte que les propriétaires sont dans l'indécision, et que le nombre des entreprises communales tend à l'emporter sur celui des entreprises particulières. Il y avait 24 usines communales et 27 particulières en 1907, et en 1910, sur 65 usines d'éclairage, il y en avait 35 appartenant à des communes et 30 à des particuliers.

Le tableau suivant donne le nombre total d'usines d'après leur puissance, ainsi que la puissance totale des usines de chaque catégorie, à la fin de 1910.

Puissance en kw.	Nombre d'usines.	Puissance totale en kw.
De 51 à 100	4	320
101 à 250	18	1 259
251 à 500	14	3 150
501 à 1 000	13	9 470
1001 à 2 000	9	12 261
2001 à 5 000	6	18 425
5001 à 10 000	4	30 710
Au-dessus de 10 000	3	83 489
Totaux	71	163 074

F. L.

LA TRACTION PAR COURANT CONTINU

A 1200 VOLTS

Considérations générales. — En traction électrique, qu'il s'agisse soit de chemins de fer, soit de tramways, le courant alternatif et le courant continu restent en présence, chacun ayant ses partisans et ses adversaires ; mais il semble bien qu'actuellement on ne peut pas en faire une question de doctrine, le programme à remplir et l'utilisation du matériel étant les seuls points qui amènent les ingénieurs à opter pour l'un ou l'autre système.

Dans cette étude nous n'examinerons que les exploitations à 1200 volts des États-Unis ; nous nous bornerons à citer les quelques installations de l'Europe, celles d'Italie : Brescia, Monza et Lodi, celles de la Mure en France et d'Arad-Hyaljie en Hongrie, cette dernière à 1650 volts.

Aux États-Unis, les applications du courant continu à 1200 volts ont pris un grand développement et sont aussi courantes que pour le courant à 600 volts, car elles permettent de quadrupler la portée utile d'un réseau et d'établir pour les lignes urbaines s'étendant dans les banlieues des systèmes mixtes 600—1200 volts, sans modifications sensibles des lignes et des équipements.

L'Industrie électrique, dans son numéro du 25 novembre 1912, montre que, dans les quatre dernières années, 2362 km ont été équipés en courant continu haute tension (généralement à 1200 volts) contre seulement 322 km équipés en alternatif simple.

Sur ces 2362 km, environ 2000 ont été équipés par la General Electric, comportant 310 voitures et 37 locomotives électriques représentant une puissance de 100 000 kilo-watts. Le système « courant continu 1200 v » diminue les charges fixes par une réduction du nombre des sous-stations nécessaires et une économie sensible dans le poids du cuivre des lignes de distribution.

Tableau I. — Sous-stations.

	A		B		C		D	
	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.
Nombre de sous-stations	6	14	4	9	3	6	3	5
Puissance nécessaire, en kw	1 440	1 320	118	416	370	300	250	200
Nombre d'unités	2	2	2	2	2	2	2	2
Coût de chaque sous-station, en fr	300 000	280 000	132 000	120 000	100 000	92 009	87 000	78 000

Tableau II. — Puissance consommée.

	A		B		C		D.	
	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.
Énergie en kilowatts-heures par jour aux voitures	33 500	32 400	8 640	8 400	3 670	3 470	3 240	3 060
Facteur de charge moyen	0,31	0.13	0.44	0,19	0,58	0.28	0.45	0.25
Rendements :								
Sous-station	0,836	0,69	0,87	0,76	0.89	0.82	0,87	0,80
Distribution secondaire	0.90	0,90	0,90	0,90	0.90	0,90	0,90	0.90
Transmission	0.98	0,98	0,98	0,98	0.98	0.98	0.98	0.98
Transformateurs statiques	0,98	0,98	0.97	0,97	0.97	0,97	0,97	0,97
Rendement total	0,722	0,595	0,745	0,652	0,761	0,705	0.748	0,688
Énergie en kilowatts-heures fournis par jour	46 500	54 500	11 600	13 300	7 450	7 750	4 330	4 440
Dépense annuelle à 1 cent par kw-h (0,0521 fr).	980 490	1 036 790	220 904	253 206	141 712	146 922	82 318	84 402

Tableau III. — Comparaison des systèmes.

	A		B		C		D	
	1200 v.	600 v.	1200 v.	600 v.	1200 v.	608 v.	1200 v.	600 v.
Frais de premier établissement :								
Voies	12 500 000	12 500 000	9 000 000	9 000 ,00	9 000 000	9 000 000	9 000 000	9 000 000
Sous-stations	1 800 000	3 920 000	550 000	1 080 000	305 000	550 000	255 000	390 000
Distribution	4 940 000	6 425 000	1 685 000	1 820 000	1 700 000	1 905 000	1 650 000	1 690 000
Équipement des voitures	4 800 000	4 200 000	862 500	750 000	680 000	595 000	500 000	450 000
Totaux	24 040 000	27 045 000	12 077 500	12 650 000	11 685 000	12 050 000	11 405 000	11 530 000
En faveur du 1200 v	3 005 000	»	572 500	»	365 000	»	125 000	»
Dépenses annuelles (y compris amortissement à 7 p. 100 des voies)	5 685 000	6 200 000	2 070 000	2 145 000	1 680 600	1 750 000	1 472 500	1 502 500
En faveur du 1200 v	515 000	»	75 000	»	70 000	»	30 000	»

Les tableaux établis montrent nettement les avantages résultant de l'emploi de 1200 volts au lieu de 600; nous en citerons quelques-uns (v. p. 205).

Dans ces tableaux différentes conditions d'exploitation ont été envisagées : la lettre A désigne une ligne de chemin de fer à trafic intense ; B un service interurbain très chargé ; C le même service interurbain à trafic faible ; enfin D un trafic très faible.

Le tableau I est basé sur la mise en marche simultanée de deux voitures sauf pour A où un train est supposé arrêté, l'autre en marche.

Le tableau II se rapporte à la puissance consommée.

Enfin le tableau III est une comparaison de deux systèmes pour l'ensemble des dépenses première installation et exploitation.

En désignant par 100 les dépenses dues à l'exploitation à 600 volts, on arrive aux pourcentages suivants pour les différents types d'exploitation envisagés.

	A.	B.	C.	D.
Frais de premier établissement, en pour 100.	79,4	85,5	88	95
Dépenses annuelles, en pour 100	81	86	90	94

L'économie résultant de l'emploi de 1200 volts croît donc avec la puissance consommée; aussi pour certaines petites installations il n'y aurait aucun avantage à installer le système à 1200 volts.

Matériel fixe (usines et sous-stations). — Le principe et la garantie de bon fonctionnement des installations continues 1200 volts résident généralement dans l'emploi des types courants à 600 volts convenablement isolés pour une tension égale ou supérieure au double.

Cet isolement a été réalisé facilement et, bien que le problème présentât un peu plus de difficultés, le fonctionnement des interrupteurs et disjoncteurs à 1200 volts a été très bon, ainsi que le relatent tous les rapports d'exploitations que nous avons pu lire.

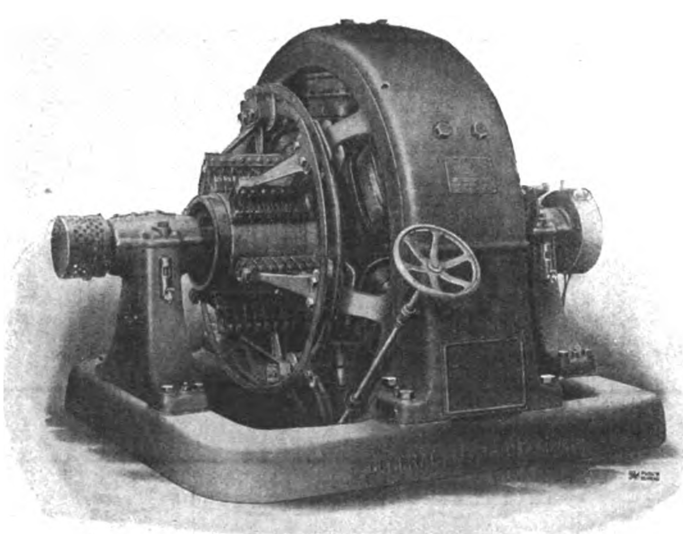


Fig. 1. — Commutatrice 500 kw. isolée pour 1200 v. 60 p : s (côté continu).

L'adoption du système à 1200 volts sur un réseau à 600 volts n'apporte aucun changement appréciable aux installations qui lui fournissent le courant ; il n'y a pratiquement rien de changé à l'usine génératrice, ni aux sous-stations si le réseau en comporte.

Une exploitation qui prend de l'extension peut d'ailleurs maintenir le service à 600 volts sur une partie du réseau et donner aux autres l'avantage du service à 1200 volts, exploitation mixte que nous désignerons plus loin sous la forme abréviative 600 — 1200 de même que nous désignerons par 2×600 la machine double qui donne l'une ou l'autre tension.

Dans le cas d'une extension appréciable d'une exploitation, la grande portée du 1200 volts est particulièrement précieuse; par exemple l'exploitation Indianapolis-Louisville, dont l'usine à 1200 volts alimente sans le secours de sous-stations une ligne de plus de 70 km de longueur. Nombreux sont les réseaux qui pourront ainsi distribuer le courant à 1200 volts en quadruplant la portée de leurs lignes.

Les dynamos qui peuvent convenir à une usine génératrice sont : ou enroulées à 1200 volts et branchées isolément ou établies pour 600 volts et accouplées en série.

La construction des génératrices à 1200 volts devient facile à partir de 300 kw, mais le plus souvent on adopte même pour de fortes puissances le montage en série de deux machines à 600 volts à isolement renforcé.

Cette dernière solution est préférable pour les réseaux mixtes qui doivent conserver une plus grande élasticité dans le service et ne pas assujettir au fonctionnement à demi-vitesse, les voitures circulant dans les sections à 600 volts.

Le même choix s'impose, quand le réseau comporte des sous-stations transformatrices, entre les machines isolées donnant une tension de 1200 volts indivisible et les machines accouplées 2×600 pouvant assurer un service à 600 ou à 1200 volts.

L'emploi du courant alternatif, lorsque les sous-stations sont alimentées par des lignes générales à haute tension, fait intervenir un facteur nouveau très important : la fréquence.

Celle-ci détermine en général le choix à faire entre le moteur générateur et la commutatrice ; quelquefois aussi la tension influe sur l'économie du projet, quand sa valeur est assez peu élevée pour la rendre directement applicable aux moteurs et permettre la suppression des transformateurs réducteurs ; c'est toutefois une économie peu recommandable au delà de 12 à 15000 volts.

Quoi qu'il en soit, cette considération de l'économie est tout à l'avantage des commutatrices dont l'emploi est extrêmement fréquent pour 20 p : sec., les groupes moteurs-générateurs étant préférables aux fréquences élevées, bien que les commutatrices assurent encore un

excellent service dans des installations de fréquence 50 p : sec. et même 60 p: sec. (fig. 1 et 2).

Comme pour les génératrices, les commutatrices sont enroulées pour fonctionner isolément à 1200 volts, ou sont accouplées par deux en série.

La transformation est faite : soit par un transformateur polyphasé, soit par un groupe de transformateurs à courant alternatif simple et à secondaire double, en sorte que le nombre des transformateurs est le même pour les commutatrices à 1200 volts ou pour les commutatrices à 600 volts.

Les commutatrices employées dans les sous-stations

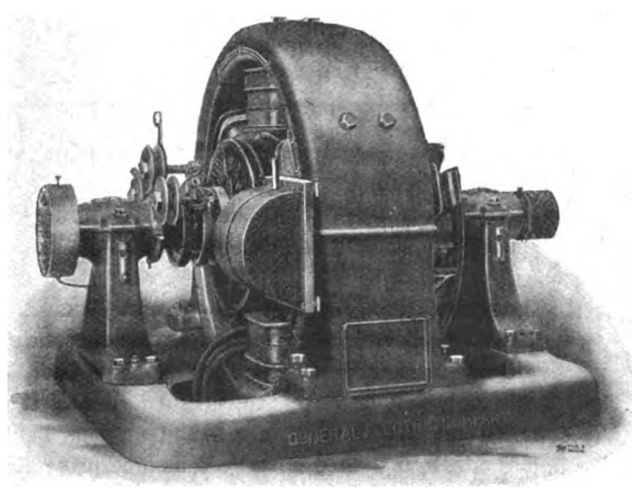


Fig. 2. — Commutatrice 500 kw, isolée pour 1200 v, 60 p : s (côté alternatif).

américaines peuvent supporter des surcharges momentanées atteignant 200 pour 100.

Leur démarrage se fait du côté alternatif et il convient de ne le faire qu'après avoir soulevé les balais de courant continu, ce qu'on réalise au moyen d'un dispositif mécanique simple : un levier lève tous les balais à l'exception de deux petits balais pilotes qui restent sur le collecteur pour prendre la polarité de la machine, afin d'indiquer s'il y a lieu de l'inverser ou de la laisser subsister avant de remettre les lignes de balais en place.

Les transformateurs peuvent être du type à huile, à eau ou à air; mais le premier, exigeant le minimum d'attention pour le maximum de simplicité, est le plus souvent employé.

La General Electric C° simplifie l'ensemble des appareils en incorporant la réactance de compoundage de la commutatrice au transformateur lui-même, d'où économie dans le prix et l'encombrement du groupe à 1200 volts.

Équipements a 1200 volts. — Le matériel d'équipement à 1200 volts dérive des types courants à 600 volts, de même manière que le matériel précédemment décrit dérive du matériel de traction.

Moteurs. — Les moteurs à pôle de commutation peuvent être enroulés pour 1200 volts et branchés individuellement sur la ligne au moyen d'un combinateur à hélice ou d'un contacteur.

Le plus souvent les moteurs sont enroulés pour 600 volts, isolés pour 1200 et accouplés par deux pour constituer une unité indivise ; c'est du moins le cas lorsque l'équipement se déplace sur un réseau ou sur une section de réseau à 1200 volts, mais si le réseau est mixte et comporte des sections à 600 volts, la série des moteurs ne peut rester indivise, qu'en imposant à la voiture un régime de marche moitié aussi rapide.

Pour pouvoir réaliser les mêmes vitesses à 600 volts et à 1200, il suffit de dissocier les groupes des deux moteurs et de les faire passer de la connexion série à la connexion parallèle.

Les disjoncteurs, interrupteurs, etc., présentent les caractéristiques générales des appareils similaires à 600 volts modifiées pour 1200.

Les groupes compresseurs fonctionnent à 600 ou 1200 volts, l'éclairage et le chauffage de même.

Parmi les appareils accessoires des équipements le parafoudre électrolytique a reçu de nombreuses applications.

Les moteurs les plus employés sont les types de 50, 75, 100, 125, 140 chevaux. Les balais et porte-balais sont les mêmes pour 1200 volts que pour 600 ; ils se comportent de façon parfaite, de telle sorte que des parcours dépassant 200 000 kilomètres n'entraînent aucune usure appréciable et qu'il est impossible de prévoir leur fin.

Leur fonctionnement ne donne lieu à aucun arc.

La surface du collecteur ne subit aucune usure ni altération; il ne se produit en effet aucune de ces poussières de charbon qui font que certains collecteurs sont piqués et nécessitent de l'entretien.

Le tableau suivant donne les différentes combinaisons obtenues :

MONTAGE.	TENSION AUX BORNES DU MOTEUR EN VOLTS.	TENSION TROLLEY EN VOLTS.	VITESSE OBTENUE A L'HEURE EN KM : H	TYPE DE SERVICE.
Parallèle.	600	600	65	Interurbain.
2 moteurs série .	300	600	32	Ville.
2 — .	600	1200	65	Interurbain.
4 — .	300	1200	32	Ville et banlieue.

Matériel de ligne. — Ce matériel ne diffère de celui à 600 volts que par un isolement supérieur ; la figure 3 donne une vue du réseau Washington, Baltimore et Annapolis.

Avant de donner quelques détails sur les résultats de la substitution du courant continu à 1200 volts sur le courant alternatif sur le Washington Railroad, nous citerons quelques-unes des installations à courant continu 1250 volts faites récemment aux États-Unis, en résumant leurs caractéristiques principales :

DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEUR DE LIGNE EN KM.	NOMBRE DE SOUS-STATIONS.	TYPES.	NOMBRE ET PUISSANCE DES UNITÉS EN KW.	NOMBRE DE LOCOMOTIVES.	NOMBRE DE MOTEURS ET PUISSANCE EN CHEVAUX.	NOMBRE D'AUTOMOTRICES.	NOMBRE DE MOTEURS ET PUISSANCE EN CHEVAUX	TENSION DE SERVICE EN VOLTS.	OBSERVATIONS.
Aroostook Valley	24	1	Comm.	2—200	1	4—50	3	4—75	600/1200	
Central California	110	3	M. G.	2—300 2—500	0	»	14	4—75	1200	(M. G. moteur générateur).
Fort Dodge des Moines et Southern Railroad	192	5	Comm.	8—400 1—500	7	(5) 4—100 (2) 4—200	12	4—75	600/1200	
Milwaukee Light, Heat and Traction C°	109	5	Comm.	12—300 7—500	0	»	30	4—75 4—125	» »	15 voitures à 4 moteurs 75. 15 voitures à 4 moteurs 125.
Pittsburg Harmony Butler and Newcastle Railway	121	5	M. G. (1)	6—400	0	»	22	4—75	600/1200	(1) (moteurs synchrones).
Shore line Electric Railway	84	2	Comm.	8—200	2	4—75	13	4—50	600/1200	
Oregon Electric Railway	224	8	Comm.	12—500	7	2—75	31	2—75	600/1200	
Washington Baltimore and Annapolis Railroad C°	150	5	Comm.	15—300	5	4—125	40	4—75	600/1200	
Nashville Galatin Railway	37	1	Comm.	3—200	1	4—75	3	4—75	600/1200	

Parmi ces installations celle du Fort Dodge Railroad est une des plus intéressantes parce que la conversion du 600 en 1200 volts a été faite en conservant en service la plupart des machines et appareils à 600 volts.

Avant la transformation il y avait six sous-stations comprenant chacune une commutatrice de 400 kw et trois transformateurs de 150 kw, 22 000-400 volts.

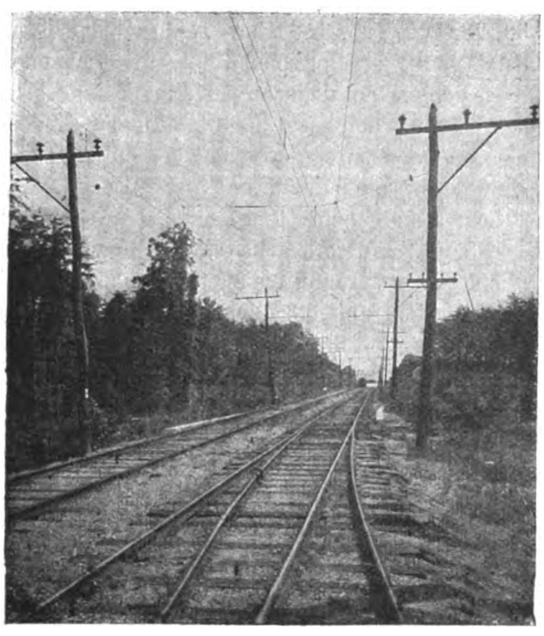


Fig. 3. — Vue générale d'une ligne à courant continu 1200 v.

Actuellement le nombre des sous-stations est de cinq et l'une d'elles n'est maintenue que pour assurer le service d'une petite section qui fonctionne encore à 600 volts.

Les commutatrices ont été doublées dans trois des sous-stations et fonctionnent en série, leur isolement a été modifié pour 1200 volts.

La quatrième sous-station, celle de Rinard, comprend trois transformateurs 22 000, 38 100, 740 volts de 100 kw à 25 p: sec. et une commutatrice de 300 kw à pôles de commutation.

La distribution générale se fait à 22 000 volts qui vont être portés à 38 100.

Les cinq locomotives de 40 tonnes ont été mises en service en 1911. Les deux de 60 tonnes datent de l'année dernière.

La Central California Company est la seule compagnie qui utilise un troisième rail comme conducteur sur une partie de son réseau; dans la section: Stockton-Lodi, un rail de 25 kg: m est employé, protégé sur le dessus et sur le côté par des planches en « redwood » ; dans l'autre section: Lodi-Sacramento, le rail n'a aucune protection, mais il est d'un acier spécial comprenant les éléments suivants:

Carbone	0,08 à 0,14	pour 100.
Manganèse (au maximum)	0,40	—
Phosphore	0,10	—
Soufre	0,08	—

Cet emploi du troisième rail tendrait à prouver que le système à 1200 volts n'est pas plus limité dans les applications que son prédécesseur, le 600 volts.

La Milwaukee Company avait son ancien réseau fonctionnant à 3300 volts alternatif simple; trois sections représentant 109 km ont été transformées et fonctionnent maintenant sous 1200 volts continus. Quatre sous-stations sont équipées en 1200 volts; la cinquième, desservant la ville de Wist-Alles comme lumière et traction, est équipée en 600 volts, le réseau de traction sous cette tension a une longueur de 62 km. La figure 4 représente la sous-station de Watertown.

Le Pittsburg Railway est entièrement équipé en 1200 v, sauf dans la ville de Pittsburg où, sur une distance de 6,5 km, les voitures empruntent les lignes urbaines à 600 volts.

Résultats de la substitution du courant continu à 1200 volts au courant alternatif à 6600 volts sur le Washington Baltimore Railroad. — Cette substitution a été faite parce que, dans l'intérieur de Washington, les voies ne pouvaient supporter le poids des voitures qui étaient de 60 tonnes avec le courant alternatif; ces voitures équipées en continu ne pesant plus que 40 tonnes,

le nombre de voyageurs étant toutefois réduit 66 à 54.

La transformation fut faite en une seule nuit : du 14 au 15 février 1911, et pas un voyage ou service régulier ne fut manqué par suite de cette transformation.

La réduction des dépenses résultant de la substitution du 1200 v continus aux 6600 v alternatifs pour les dépôts de voitures est montrée d'une façon saisissante par le tableau suivant :

	1909. alternatif.	1911 continu.
Nombre de voitures	23	44
Nombre d'employés aux dépôts	65	27
Dépenses de dépôt par voiture-mile, en fr.	17,05	7,15

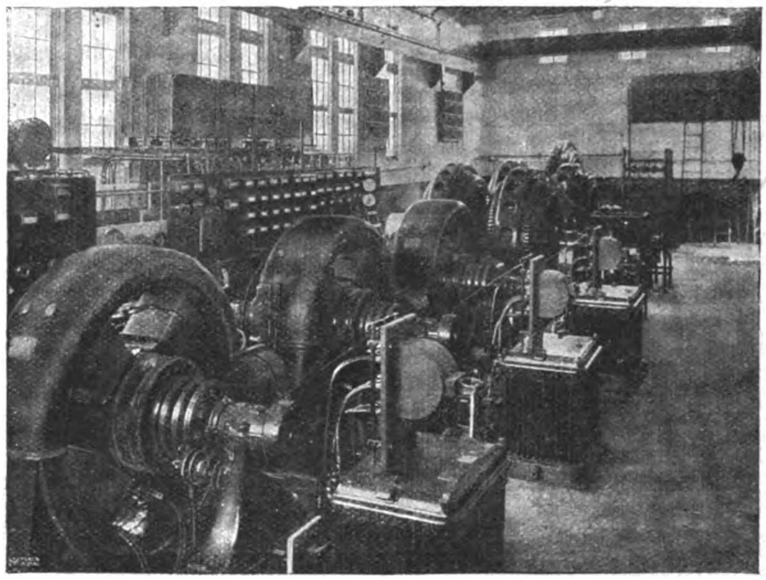


Fig. 4. — Sous-station de Watertown.

Pour le courant continu la répartition des dépenses est la suivante :

	Par voiture-mile en fr.
Voitures voyageurs et mixtes	1,95
Voitures marchandises	0,26
Voitures service	0,21
Équipements électriques des voitures	1,10
Dépenses d'atelier de réparations	1,04
Dépenses personnel dépôt	2,61
Total	7,15

Ces chiffres se rapportent à une période de 9 mois se terminant le 31 décembre 1911.

Les balais en charbon fournis avec les moteurs de 75 chevaux avaient parcouru 200 000 km et ne présentaient qu'une usure de 5 mm, par un n'a été remplacé, de même pour les balais des compresseurs.

Pendant l'année 1911, les dégâts causés par les orages furent considérables dans l'État de Maryland et cependant pour les équipements du Washington E.R. les dégâts s'élevèrent seulement à 400 fr. et ils furent très rapidement réparés.

Le tableau suivant donne les dépenses comparatives de force motrice pour les 2 systèmes.

	Février 1 à 14 courant alternatif.	Février 14 à 28 courant continu.
Énergie consommée, en kw-h.	374 880	231 895
Nombre de voitures-miles	57 287	58 809
Énergie par voiture-mile, en kw-h	6,54	3,94
Pointe (moyenne)	1 491	1 101
Dépense par voiture-mile, en fr.	0,32	0,21



Fig. 5. — Train de cinq voitures du Washington Railroad.

On voit que la dépense par voiture-mile est réduite d'un tiers pour le courant continu.

Les chiffres précédents se rapportent aux premiers jours de la nouvelle exploitation. Les dépenses par la

suite furent réduites d'une façon sensible, les chiffres suivants se rapportant à l'année 1910 entière et aux neuf premiers mois de 1911 le montrent clairement.

	1910 moyenne mensuelle.	1911 moyenne mensuelle.
Énergie consommée, en kw-h	555 800	512 500
Nombre de voitures-mile	138 300	111 000
Énergie par voiture-mile, en kw-h	4,02	3,56
Pointe	1 182	1 193
Dépense par voiture mile, en fr	0,30	0,18

soit par voiture-mile pour 1911, presque une réduction de moitié sur la dépense lors du service alternatif.

Les figures 5 et 6 montrent deux trains du Washington Railroad, l'un de cinq, l'autre de trois voitures.

Conclusions. — Les résultats d'exploitation justifient donc entièrement l'adoption du courant continu à 1200 v pour la traction électrique; ce qui fait qu'en face du même programme à remplir, les Compagnies américaines font appel au même système, comme le Nashville Galatin Railway et l'Oregon Electric Railway, que nous citons dans notre dernier tableau, bien qu'ils terminent leurs installations.

D'autres compagnies montent jusqu'aux 1500 volts, comme le Kansas City Railway, qui comportera 110 km de lignes, et même à 2400 volts, comme le Butte Anaconda and Pacific Railway, qui a commandé 17 locomotives de 75 tonnes équipées chacune avec quatre moteurs de 300 chevaux.

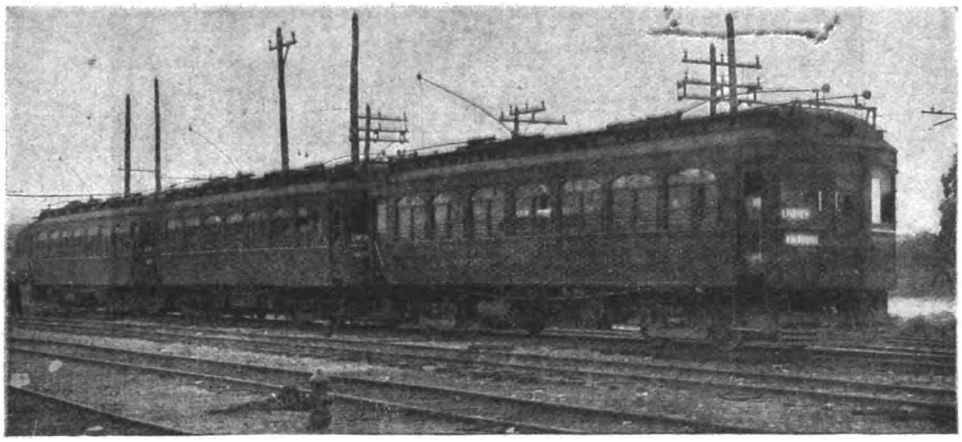


Fig. 6. — Train de trois voitures du Washington Railroad.

En résumé, la traction à 1200 volts continu comble une lacune entre l'alternatif réservé aux longues lignes et le 600 volts de portée trop limitée et, par suite, d'application difficile dans les réseaux comportant des lignes urbaines et de banlieue où les équipements mixtes 600 — 1200 réalisent à merveille le service sans augmenter sensiblement les frais généraux de premier établissement.

Bayette.

LE

CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(suite) (1)

Supposons $\nu = 2$; l'intégration donne :

$$P_{max} = 0,15 \frac{U^2}{\lambda \omega}$$

Ces deux résultats paraissent assez différents bien que ν ait peu varié. Mais, en fait, la différence n'est pas si grande, car ici λ est une valeur arbitraire, elle-même différente dans les deux exemples; ce qu'il faut considérer, c'est la valeur de la self-inductance minima L_1, dans les deux cas, correspondant à la position du fer mobile à angle droit avec les lignes de force, et qui est la même dans les deux cas.

En exprimant les puissances en fonction de cette self-inductance minima, on obtient :

1er cas : $$P = 0,16 \frac{U^2}{\omega L_1}.$$

2e cas : $$P = 0,15 \frac{U^2}{\omega L_1}.$$

En remarquant que $\frac{U}{\omega L_1}$ est justement le courant magnétisant qui passe dans la bobine quand le fer mobile est à angle droit avec les pôles, courant magnétisant que nous appellerons I_m, on voit que l'on a sensiblement, dans les deux cas : $P = 0,15 \times U \times I_m$, valeur maxima

(1) Conférences de M. Boucherot. Voy. *L'Industrie électrique*, nº 501 du 10 nov. 1912, p. 485; nº 502 du 25 nov., p. 514; nº 504 du 25 déc., p. 555; nº 505 du 10 janvier 1913, p. 9; nº 506 du 25 janvier 1913, p. 28; nº 508 du 25 février 1913, p. 83; nº 510 du 25 mars 1913, p. 128 et nº 511 du 10 avril 1913, p. 15.

de la puissance utile en supposant la résistance nulle. Comme cette résistance est très grande dans les petits moteurs que l'on peut avoir à réaliser sous cette forme, il convient d'être prudent et de ne tabler que sur une fraction de ce résultat. D'autre part, la détermination, *a priori*, de I_m est très incertaine. Pour le calculer, la bobine ayant des proéminences, il sera prudent de ne prendre pour la réluctance de l'air que celle d'un tube d'air de même section que le noyau et de quelques millimètres de longueur. On agira prudemment en se réservant la possibilité d'enlever une partie du fil de la bobine en tenant compte de ce que I_m varie en raison inverse du carré du nombre de spires.

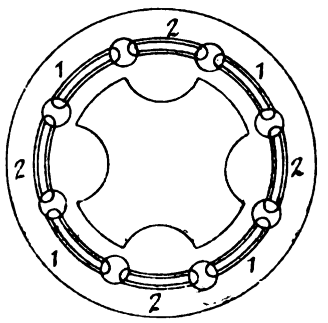


Fig. 70.

Le rendement et le facteur de puissance d'un tel moteur sont évidemment faibles; on ne peut songer à employer cette disposition que pour de très faibles puissances :

1° On peut encore n'avoir qu'un fer (fig. 70) tournant dans un anneau de tôles analogues au stator d'un moteur à champ tournant, comportant des enroulements diphasés. La figure 70 représente un tel moteur diphasé tournant à 1500 tours par minute pour une fréquence de 50 périodes par seconde.

Les bobines placées, au même instant, vis-à-vis du fer tournant doivent être connectées en série ou en dérivation et l'on a ainsi deux circuits pour lesquels les selfs-inductances sont :

$$\lambda\,(\nu - \cos 2\,\omega t) \qquad \lambda\,(\nu + \cos 2\,\omega t)$$

et qui ont entre eux un coefficient d'induction mutuelle également variable et de la forme : $\lambda \sin 2\,\omega t$.

Si les courants dans les deux circuits sont :

$$\sqrt{2}\,I \sin(\omega t + \Psi) \qquad \sqrt{2}\,I \cos(\omega t + \Psi),$$

les forces électro-motrices de self et de mutuelle inductance sont :

Dans le premier circuit :

$$\sqrt{2}\,\lambda\,I\,\omega\,[\nu \cos(\omega t + \Psi) + \cos(\omega t - \Psi)],$$

Dans le second circuit :

$$-\sqrt{2}\,\lambda\,I\,\omega\,[\nu \sin(\omega t + \Psi) + \sin(\omega t - \Psi)]$$

dont les valeurs efficaces sont pour tous deux :

$$U = \omega\,\lambda\,I\sqrt{(1+\nu^2) + 2\,\nu \cos 2\,\Psi}.$$

Et la puissance mécanique :

$2\,\omega\,\lambda\,I^2 \sin 2\,\Psi$ (4 fois plus grande qu'en monophasé)

Si l'appareil est alimenté à intensité constante, la puissance maxima ($\sin 2\,\Psi = 1$) est limitée à :

$$2\,\omega\,\lambda\,I^2.$$

Mais si l'appareil est alimenté à tension constante, la puissance a pour expression en fonction de celle-ci :

$$\frac{2\,U^2}{\omega\,\lambda} \times \frac{\sin 2\,\Psi}{1 + \nu^2 + 2\,\nu \cos 2\,\Psi}.$$

Ψ étant ici la phase de l'intensité et non celle de la différence de potentiel aux bornes, la marche à vide correspond à $\Psi = 0$, la puissance maxima à

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin 2\,\Psi = \dfrac{1 - \nu^2}{1 + \nu^2} \\ \cos 2\,\Psi = \dfrac{2\,\nu}{1 + \nu^2} \end{array} \right\}$$

Cette puissance maxima a pour valeur :

$$P_m = \frac{2\,U^2}{\omega\,\lambda} \cdot \frac{1}{1 - \nu^2}$$

ou, en exprimant encore λ en fonction de la valeur minima de la self-induction L_1 :

$$\frac{2\,U^2}{\omega\,L_1} \quad \frac{1}{1 + \nu}$$

ce qui donne les valeurs suivantes :

Pour :

$\nu = 1$	$P_m = 1 \quad \dfrac{U^2}{\omega\,L_1}$
$\nu = 1{,}5$	$P_m = 0{,}8$ —
$\nu = 2$	$P_m = 0{,}66$ —
$\nu = 4$	$P = 0{,}4$ —

qui sont comme on le voit 5 ou 6 fois plus grandes que celles obtenues en courant alternatif simple.

2° Une autre disposition qui peut être encore plus

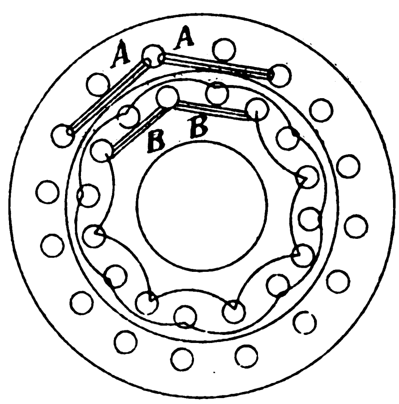


Fig. 71.

avantageuse consiste à constituer la partie tournante par des tôles percées de trous et munies d'enroulements comme la partie fixe (fig. 71).

Si l'on considère, par exemple, un circuit fixe A et un circuit mobile B, de même nombre de spires, se déplaçant l'un par rapport à l'autre, on voit, en effet, que ces deux circuits étant placés, par exemple, en série, et parcourus par un certain courant, le flux produit est tantôt nul et tantôt maximum, et que, par conséquent, la self-

inductance de l'ensemble varie suivant la même loi que précédemment.

On arriverait d'ailleurs au même résultat en considérant les circuits fixe et mobile comme indépendants les uns des autres et ayant des coefficients de self-inductance constants et des coefficients de mutuelle inductance variables périodiquement.

L'avantage de cette disposition sur la précédente est double, le coefficient de self-inductance minimum peut être rendu presque nul, c'est-à-dire $\nu = 1$, ce qui donne le maximum de puissance, toutes choses égales d'ailleurs; d'autre part, la partie tournante étant active au même titre que la partie fixe, l'utilisation spécifique de la matière est plus grande, et l'on peut tirer d'une machine de mêmes dimensions et poids, une puissance bien supérieure; il faut, il est vrai, la munir de bagues et frotteurs.

Les deux machines à self-inductance variable que nous venons d'examiner comme moteurs synchrones peuvent être transformées en génératrices synchrones par l'adjonction de capacités suivant le mécanisme expliqué au chapitre des généralités.

Nous n'entrerons pas en détail dans ce sujet; remar-

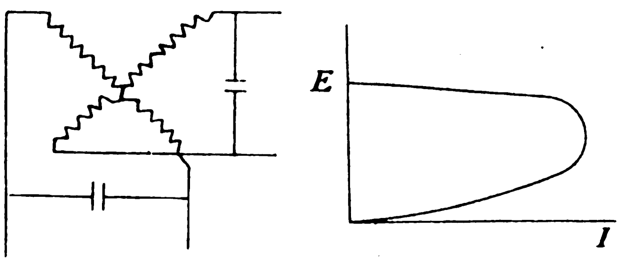


Fig. 72.

quons seulement que, de cette manière, on peut réaliser les mêmes modes d'excitation qu'avec les dynamos à courant continu.

Si les condensateurs sont placés en dérivation (fig. 72),

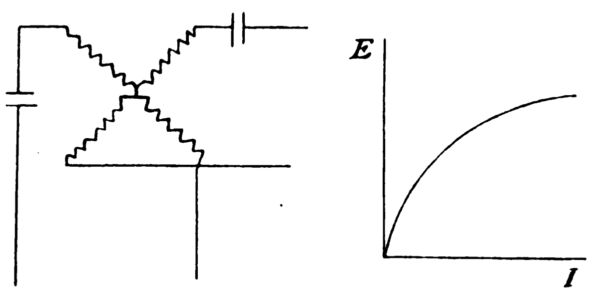


Fig. 73.

la caractéristique de la machine est la même que celle d'une dynamo shunt à courant continu. La force électromotrice est maxima à vide, diminue quand l'on charge et il y a désamorçage si l'on dépasse une certaine charge. L'augmentation des capacités produit une augmentation de la force électro-motrice et inversement.

Si les condensateurs sont placés en série, la caractéristique est celle d'une machine série à courant continu (fig. 73), c'est-à-dire que la force électro-motrice de la machine est nulle à circuit ouvert et croît quand on diminue la résistance du circuit extérieur.

Enfin en combinant les deux modes d'excitation qui

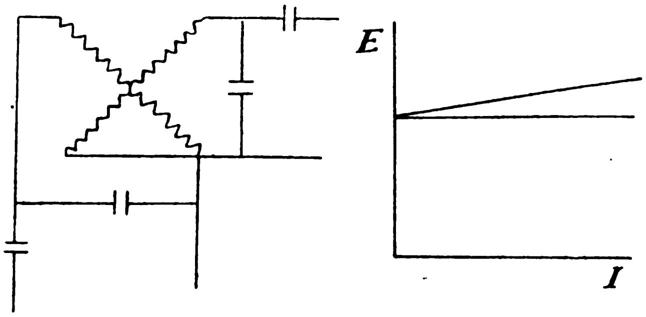


Fig. 74.

précèdent on peut réaliser une machine dont la caractéristique est celle des machines compound à courant continu (fig. 74).

On peut également hypercompounder.

Les mêmes dispositions peuvent s'appliquer en monophasé.

Transformateurs. — 1° *Transformateurs de tension.* — On cherche, dans les transformateurs, à remplir deux conditions contradictoires dans une certaine mesure: éviter les fuites magnétiques, et se mettre à l'abri de contacts accidentels entre le primaire et le secondaire. La disposition schématique de la figure 4, qui serait la plus favorable au point de vue de la sécurité, est la plus mauvaise au point de vue de la dispersion magnétique. Même lorsqu'on rapproche la bobine primaire et la bobine secondaire, côte à côte, sur un même noyau (fig. 75), on a encore des fuites magnétiques trop importantes pour pouvoir adopter cette disposition.

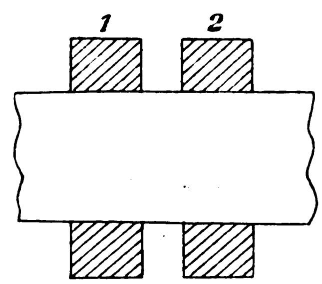


Fig. 75.

Gaulard, qui est l'inventeur, sinon du principe de la transformation, tout au moins des premiers transformateurs industriels réalisés, sectionnait (fig. 76) le primaire et le secondaire en un certain nombre de bobines élémentaires qu'il enchevêtrait. Cette disposition, assez bonne au point de vue des fuites magnétiques, est au contraire dangereuse au point de vue de la sécurité.

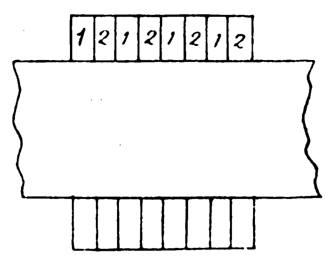


Fig. 76.

La disposition de bobines que l'on réalise le plus fré-

quemment aujourd'hui est celle de la figure 77; le primaire et le secondaire sont concentriques, un tube isolant convenable les sépare. Au point de vue des fuites il n'y a pas d'importance à ce que le primaire soit intérieur ou extérieur au secondaire; au point de vue de la sécurité, il peut être préférable de mettre la haute tension à l'intérieur.

Un transformateur d'une puissance donnée peut être réalisé de bien des manières.

Considérons, par exemple, deux noyaux de fer constituant chacun un alternofluxeur de même longueur. Le premier de 1 dm² de section, le second de 2 dm².

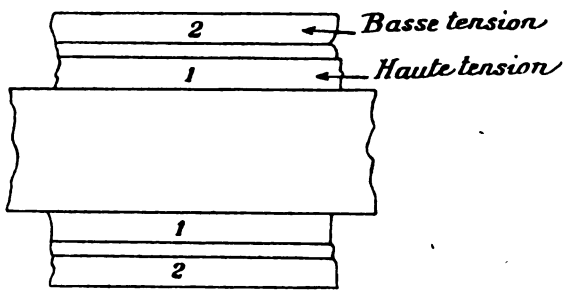


Fig. 77.

Deux spires enroulées sur le premier donneront la même force électromotrice qu'une spire enroulée sur le deuxième (à fréquence et induction maxima égales).

Mais deux transformateurs constitués sur ces bases n'auront pas les mêmes propriétés au point de vue des pertes et du cos φ.

Les pertes, par effet Joule, seront plus grandes dans le premier que dans le second, mais les pertes par hystérésis y seront moindres, le rendement qui, comme l'on sait, est maximum lorsqu'il y a égalité des pertes dans le fer et dans le cuivre, ne sera pas maximum pour la même charge; il sera maximum dans 1 pour une charge inférieure à celle correspondant au maximum dans 2 (ce qui ne veut pas dire qu'il sera meilleur dans l'un que dans l'autre).

Le courant magnétisant et les pertes par hystérésis étant plus grands pour 2 que pour 1, le courant absorbé, à vide, sera plus grand dans 2.

On adoptera donc de préférence 1 pour un transformateur devant marcher très souvent à mi-charge et très rarement à pleine charge, comme c'est le cas pour les transformateurs d'abonnés de réseau à courants alternatifs. Tandis que 2 sera préféré comme transformateur de sous-stations dans lesquelles on prend toujours des dispositions pour fonctionner à pleine charge, cela, en réglant le nombre des transformateurs en service suivant la puissance demandée.

Pratiquement, lorsqu'on ne stipule rien de spécial à cet égard, les constructeurs établissent leurs transformateurs de série de manière que le rendement en soit maximum à pleine charge (ce qui veut dire : perte dans le fer égale perte dans le cuivre), et de manière que les puissances perdues par effet Joule dans le primaire et dans le secondaire soient sensiblement égales.

Par exemple, un transformateur ordinaire de 10 kw a environ 2 pour 100 de perte dans le fer et 1 pour 100 dans chacun des circuits.

Proposons-nous de calculer un transformateur de 25 kw recevant 5000 v au primaire, donnant 110 v au secondaire, en charge, la fréquence étant de 50 p : s.

On pourrait évidemment traiter ce problème par l'analyse en posant des équations dans lesquelles entreraient le flux, les nombres de spires, etc..., et arriver ainsi sans tâtonnements, aux dimensions de l'appareil. Mais cette méthode masque trop la réalité sous des symboles et il est préférable que nous opérions autrement.

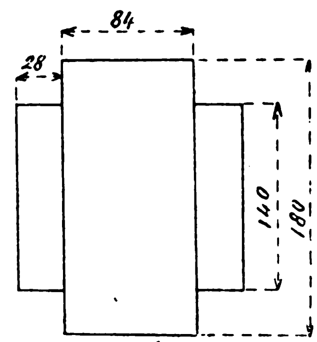


Fig. 78.

La forme adoptée sera celle de Brown. Après quelques tâtonnements préliminaires, nous adopterons un noyau ayant une section nette de 1,95 dm² qui sera constitué (fig. 78) par 84 mm de tôles ayant 180×950 mm, et deux fois 28 mm de tôles ayant 140×950 mm et qui peut s'inscrire dans une circonférence de 200 mm de diamètre.

Pour une induction maxima de 5000 gauss la force électromotrice par spire sera de :

$$2,2 \times \frac{5000}{10000} \times 1,95 = 2,14 \text{ volts : spire.}$$

En première approximation il nous faudrait donc :

Au primaire : $\frac{5000}{2,14} = 2340$ spires environ.

Au secondaire : $\frac{110}{2,14} = 51$ à 52 spires.

De même que pour les bobines de self-inductance, le nombre de spires à adopter n'est pas rigoureux ; mais ici le rapport entre les nombres de spires doit être exactement observé. Nous adopterons donc 52 spires au secondaire, et au primaire, un peu moins de 2340 spires pour tenir compte de la chute de tension dans les enroulements. Si celle-ci est de 1 pour 100 pour chacun d'eux, il nous faudra, au secondaire et à vide 112,2 v.

Le rapport des nombres de spires doit donc être exactement de

$$\frac{5000}{112,2} = 44,5.$$

Nous adopterons donc pour le primaire :

$$52 \times 44,5 = 2314 \text{ spires;}$$

nous serons d'ailleurs conduits tout à l'heure, à modifier un peu ce chiffre.

Le noyau que nous avons adopté sera placé sur une culasse en forme de C (fig. 79) dont les branches auront 150 mm de largeur et seront, par conséquent, écartées de 650 mm, nous laissant la place disponible d'environ 600 mm pour nos enroulements.

Notre débit secondaire étant de 228 A, nous adopterons un conducteur de 220 mm² de section environ ; nous pourrions prendre une barre carrée de 15 mm de côté,

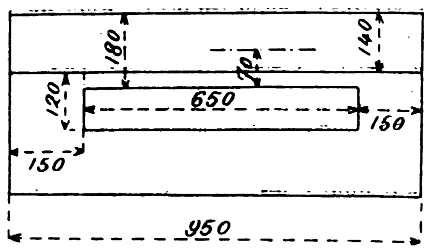


Fig. 79.

isolée à 16, mais nous ne pourrions disposer que 37 spires par couche. Pour ne pas perdre de place, nous admettrons 2 couches de 26 spires. La barre pourra avoir

$$\frac{600}{26} = 23 \text{ mm}$$

de largeur avec l'isolement ; nous adopterons donc une barre de 20 sur 11.

Remarquons qu'il faut, la barre étant enroulée en hélice, compter comme place prise celle de 27 *spires au lieu de 26 à cause du pas de l'hélice.* Nous aurons ainsi $\frac{600}{27} = 22$ mm soit 1 mm de jeu en plus de l'isolant entre deux barres voisines.

Le courant primaire sera d'un peu plus de $\frac{25\,000}{5000} = 5$ A ; nous adopterons un fil nu de 2,5 mm de diamètre ayant 3,1 mm avec un isolement de 3 couches de coton.

Quelle serait la différence de potentiel entre 2 fils voisins, si nous n'adoptions qu'une bobine ?

Nous pourrions disposer par couche $\frac{600}{3,1} = 193$ spires.

Nous aurions ainsi près de 800 v entre 2 fils voisins, ce qui est inadmissible.

Nous décomposerons alors notre primaire en 6 bobines cloisonnées. La tension par bobine sera $\frac{5000}{6} = 833$ v.

Chaque bobine sera limitée par 2 joues de 2 mm d'épaisseur. Nous perdrons sur la longueur totale $6 \times 4 = 24$ mm, il nous restera pour le bobinage $600 - 24 = 576$ mm, soit :

$$\frac{576}{6} = 96 \text{ mm par bobine.}$$

Nous pourrons disposer par couche :

$$\frac{96}{3,1} - 1 = 30 \text{ spires.}$$

En 13 couches nous placerons 386 spires par bobine, ce qui nous fera 2316 spires en tout.

Notre transformateur est ainsi réalisé.

Nous allons chercher quels résultats il nous donnerait au point de vue du rendement, de la chute de tension en charge, etc....

Le volume du fer est d'environ 40 dm³.

Avec le coefficient 2,5 (au lieu de 3 adopté aux géné-

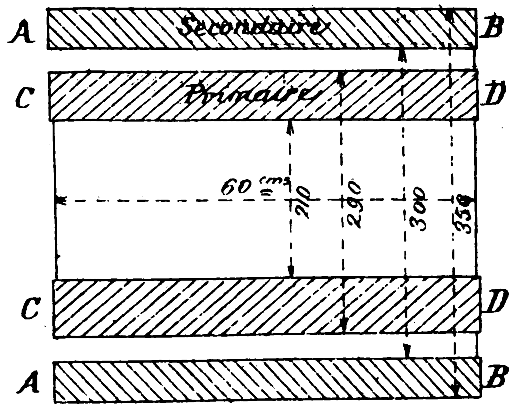


Fig. 80.

ralités), la perte hystérétique est de 430 w ; la perte par courants de Foucault de 70 w environ.

Les résistances des enroulements primaire et secondaire sont :

Primaire — (en dessous) ; diamètre moyen 250 mm ; résistance : 7,52 ohms à chaud.

Secondaire — (par-dessus) ; diamètre moyen 330 mm ; résistance : 0,0049 ohms à chaud.

Il nous faut connaître en outre les réactances de fuites.

Les dimensions des deux enroulements sont à peu près celles figurées en figure 80.

On peut procéder de plusieurs manières.

On peut supposer des nombres d'ampères-tours égaux

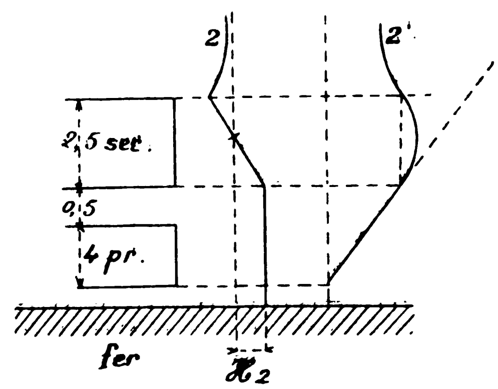


Fig. 81.

dans les deux bobines, chercher le flux qui n'est pas commun aux deux, et en déduire une réactance des fuites ramenées au secondaire ; ou bien, appliquer simplement les définitions, supposer 10 A (1 C.G.S.) passant d'abord dans une bobine, puis dans l'autre, et chercher dans chaque cas la portion du flux produite qui ne traverse pas l'autre circuit.

Soit donc un courant continu de 10 A dans le secondaire, l'induction qui en résulte dans l'air est représentée en 2 (fig. 81).

A l'intérieur de la bobine secondaire elle est à peu près constante : $\mathcal{H}_2$, et égale à

$$\frac{52 \times 10 \times 1,25}{60 \text{ à } 65} = 10 \text{ gauss environ}$$

(en supposant petite la réluctance de fermeture à l'extérieur de la bobine d'après ce que nous savons).

De la couche intérieure de la bobine secondaire à la couche extérieure, l'induction passe de $+\mathcal{H}_2$ à $-\mathcal{H}_2$. A l'extérieur de la couche extérieure, l'induction décroît jusqu'à 0 pour l'infini.

Tout le flux qui se trouve à l'intérieur de la couche intérieure de la bobine primaire est commun ; on peut l'ignorer, et partir de là pour établir (courbe 2′) la courbe du flux embrassé par les spires quand on passe de cette couche à la couche extérieure de la bobine secondaire. Le flux compris dans l'espace occupé par la bobine primaire est de 10.79.4 (79, circonférence moyenne) = 3160 maxwells.

Il ne donne pas la même force électro-motrice dans toutes les spires du primaire, et la force électro-motrice moyenne est, dans ce cas, la moitié de ce qu'elle serait si toutes les spires embrassaient le flux 3160. On peut donc mettre au compte du secondaire un flux de fuite de 3160 — 1580 = 1580. Dans l'espace annulaire entre les deux bobines le flux est de 10.92.0,5 = 460 ; il n'agit que dans le secondaire. Enfin, dans l'espace occupé par le secondaire, un calcul assez simple montre qu'il ne faut prendre, comme agissant sur toute la bobine secondaire, que le 1/6 du flux que l'on aurait si toutes les spires

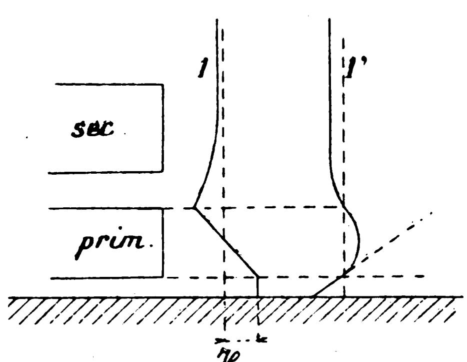


Fig. 82.

étaient portées à l'extérieur et l'induction uniforme dans cet espace, soit 1/6.10.102.2,5 = 420, soit au total un flux de 1580 + 460 + 420 = 2460. La self-inductance de fuites du secondaire est donc :

$$\mathcal{L}_2 = 52 . 2460 = 128\,000 \text{ C.G.S.} = 1,28 . \overline{10}^4 \text{ henrys}$$

et sa réactance

$$S_2 = \omega \mathcal{L}_2 = 314 . 1,28 . \overline{10}^4 = 0,04 \text{ ohm.}$$

Il suffit d'opérer de même pour le primaire :

$$\mathcal{H}_1 = \frac{2316 . 10 . 1.25}{65} = 450.$$

A l'intérieur de la couche intérieure du primaire, flux commun. Flux réduit agissant sur primaire : 1/6.450.79.4 = 23500. A ce flux il faut ajouter (retrancher avec le signe —) une partie du flux qui passe entre le primaire et le fer et qui se referme (d'où signe —) en dedans du secondaire. Mais quelle portion ? Peu de chose en réalité. En s'en tenant au flux 23500 trouvé, cela donne :

$$\mathcal{L}_1 \geqq 2316 . 23\,500 \geqq 55 . \overline{10}^6 \geqq 0,055 \text{ henry}$$

d'où $S_1 = \omega \mathcal{L}_1 = 17$ ohms ou un peu plus, mettons 20 ohms.

Nous pensons que ces valeurs de S_1 et S_2 sont un peu trop fortes.

Nous avons pris 65 cm comme longueur, peut-être faut-il prendre un peu plus. Nous nous en tiendrons là.

Qu'il s'agisse de n'importe quel appareil, le calcul exact des fuites est toujours la partie critiquable ; on verra que c'est bien pis pour les alternateurs et moteurs. Heureusement, en particulier ici, on peut se permettre quelques erreurs sans que les résultats soient grandement affectés, puisqu'il ne s'agit que de quantités secondaires.

Nous admettrons pour ce qui va suivre :

Que la perte par hystérésis et courants de Foucault est exactement de 500 w quand la force électro-motrice dans le primaire est de 5000 v.

Que la résistance du primaire est de 7,5 ohms, sa réactance de 20 ohms.

Que la résistance du secondaire est de 0,005 ohm, sa réactance de 0,04 ohm.

Pour procéder à l'étude du fonctionnement dans divers cas, il ne nous reste qu'à connaître le courant magnétisant.

La longueur du circuit magnétique étant d'environ 200 cm, le fer absorbera :

$$200 \times 5 \times \frac{5000}{10000} = 500 \text{ ampères-tours.}$$

ajoutons 150 ampères-tours pour les joints ; total 650, soit 460 ampères-tours efficaces, soit dans le primaire :

$$\frac{460}{2316} = 0,2 \text{ A}$$

lorsque la force électro-motrice est de 5000 v ; soit encore 1000 v-A de puissance magnétisante.

Fonctionnement à vide pour 110 v au secondaire :

Force électro-motrice primaire $110 \times 44,5 = 4900$ v.

Puissance réelle 485 w, Puissance magnétisante 960 v-A } Puissance apparente : 1070 VA.

Courant primaire : $\frac{1070}{4900} = 0,218$ A

Le RI^2 et le SI^2 primaires sont négligeables et la différence de potentiel primaire est de 4900 v.

Ci-après détails du fonctionnement pour 110 v et 228 A de débit au secondaire avec des cos φ secondaires de 1 et de 0,8, calculés au moyen de la séparation des puissances réelles et magnétisantes :

	cos φ = 1.		cos φ = 0.8.	
	P.	II.	P.	II.
Débit du secondaire	25 000	0	20 000	15 000
Pertes secondaires (RI^2 et SI^2)	260	2080	260	2 080
	25 260	2080	20 260	17 080
Puissance apparente intérieure	25 400		26 500	
Force électromotrice secondaire $\frac{25400}{228}$ et $\frac{26500}{228}$, en volts	111,2		116	
Force électromotrice primaire, en volts	4 950		5 160	
Pertes dans le fer	495	980	523	1 060
	25 755	3060	20 783	18 140
Puissance apparente intérieure	25 950		27 600	
Courant primaire $\frac{25850}{4950}$ et $\frac{27600}{5160}$, en A	5,24		5,34	
Pertes primaires	207	550	215	570
	25 962	3610	21 000	18 710
Puissance apparente bornes primaires	26 200		28 150	
Tension aux bornes primaires, en volts	5 000		5 270	
Rendement	0,965		0,952	
Cos φ primaire	0,99		0,745	
Chute de tension, en pour 100	2		7,5	

On voit par cet exemple la très grande influence du cos φ du débit secondaire sur la chute de tension.

On peut se proposer de rechercher par le même procédé les conditions de fonctionnement avec secondaire en court-circuit soit 0 v et 228 A au secondaire (les pertes dans le fer sont négligeables).

Les pertes secondaires sont encore : 260 w et 2080 V-A.

Soit une puissance apparente intérieure de 2090 V-A.

$$\text{Tension intérieure } \frac{2090}{228} = 9{,}15 \text{ v.}$$

Force électro-motrice primaire : 407 v.

$$\text{Courant primaire } \frac{2100}{407} = 5{,}17 \text{ A.}$$

$$\text{Pertes primaires } \frac{200}{460} \text{ et } \frac{530}{2617} \text{ w.}$$

Puissance apparente aux bornes primaires : 2660 V-A.

Tension aux bornes primaires : 517 v.

Réciproquement, cet essai en court-circuit, ainsi qu'on le sait, permet de déterminer expérimentalement la réactance des fuites totales; ici $\frac{517 \text{ v}}{5{,}17 \text{ A}} = 100$ ohms pour le primaire, mais il ne permet pas de trouver individuellement les réactances primaire et secondaire.

Évacuation :

$$\text{Bobines considérées seules : } \frac{470}{80} = 6 \text{ w : dm}^2;$$

$$\text{avec le fer situé dedans : } \frac{630}{80} = 8 \text{ w : dm}^2.$$

en réalité moins, parce que les surfaces cachées contribuent aussi au refroidissement.

Les formes pratiquement données aux transformateurs sont très variées; celle que nous avons adoptée dans notre exemple a l'avantage d'être d'une construction mécanique simple, et de laisser reposer les bobines suivant leur longueur. Par contre, la perte dans le fer y est forcément un peu plus grande. Aussi pour améliorer le rendement, dispose-t-on souvent de préférence d'autres enroulements sur la branche inférieure; mais il faut alors que les bobines reposent debout.

Nous nous dispenserons d'examiner toutes les formes réalisées pratiquement.

L'AUTOMOBILISME ÉLECTRIQUE AUX ÉTATS-UNIS

LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE POUR LES BRASSERIES

Parmi les industries où le véhicule électrique a rencontré, aux États-Unis, l'accueil le plus favorable, on doit mentionner, en toute première place, la brasserie; les peuples de race latine n'imaginent point la consommation énorme de bières que font les pays allemands, anglais et américains, et il est certain que, pour les grandes villes françaises, l'application des transports électriques au service de la brasserie ne présentera jamais qu'un intérêt médiocre; mais les conditions qui se présentent dans cette catégorie de transports se rencontrent, en France, dans d'autres catégories d'applications, et, pour cette raison, il ne peut être qu'instructif de les examiner.

Comme Paris pour nous, New-York est le centre de vitalité du continent américain; ses intérêts commerciaux sont proportionnels à son exceptionnelle population; son industrie et son commerce entraînent un trafic incalculable; malgré sa création relativement récente, la cité des affaires souffre, au moins autant que les plus vieilles villes européennes, de l'étroitesse des voies de communication et, d'un autre côté, plus que dans les capitales de l'ancien monde, la concentration prodigieuse des établissements de toute nature y rend les transformations pour ainsi dire irréalisables; c'est pourquoi, sans doute, au lieu de s'étaler et de se moderniser, comme la plupart de nos métropoles, de rejeter vers les quartiers suburbains l'excédent de sa population, New-York, à laquelle le nombre considérable de ses habitants n'aurait d'ailleurs pas permis facilement d'aller très loin dans la voie indiquée, s'est vue obligée déjà de recourir à des mesures que nous avons généralement pu ajourner, comme le déplacement des lignes de tramway ou de chemin de fer dans son sous-sol, avec une réglementation et une surveillance extrêmement rigoureuses de la circulation.

A un degré moindre évidemment, mais néanmoins très marqué aussi, une situation identique existe dans beau-

coup d'autres grandes villes américaines, parce que, à peu près partout, aux États-Unis, la concentration de la production industrielle est très avancée. Devant ces difficultés, les établissements de fabrication et de commerce, et spécialement ceux qui se rattachent à l'industrie alimentaire, contraints d'assurer des services de distribution réguliers, rapides et économiques, ont dû se tourner vers les procédés de transport les plus modernes et plus souples.

Pour ce qui concerne spécialement les brasseries, aujourd'hui encore, beaucoup d'entre elles assurent leurs distributions au moyen d'attelages à traction chevaline; ordinairement, leurs écuries sont admirablement outillées et admirablement tenues. Cependant, la traction animale ne suffit plus et une tendance très nette se manifeste vers l'adoption de procédés de transport mécaniques; en quelques mois, plusieurs des brasseries les plus importantes ont abandonné leurs attelages, pour passer à l'emploi de camions automobiles; ceux-ci sont à présent considérés comme offrant des avantages économiques incontestables, indépendamment de qualités spéciales, de propreté et d'hygiène, par exemple.

L'automobilisme électrique peut inscrire à son actif quelques belles victoires en ce domaine; pour n'en citer qu'une, largement suffisante d'ailleurs pour faire voir l'esprit de décision avec lequel s'opère en Amérique la modernisation des méthodes, je mentionnerai le cas d'une grande brasserie, celle de Peter Doelger, qui, en quelques mois, a fait l'acquisition, en plus d'une dizaine d'automobiles à essence, de cinquante-quatre électromobiles à accumulateurs.

La Brasserie Peter Doelger, située dans la ville basse, où la valeur immobilière s'accroît d'année en année avec une rapidité inouïe, n'est pas le plus grand établissement de l'espèce que possède New-York; mais elle jouit depuis plusieurs années d'une excellente réputation pour la qualité de ses produits, qu'elle écoule presque entièrement dans la métropole. Pour faire face aux besoins de sa clientèle grandissante, elle se trouvait dans l'obligation de réaliser des extensions importantes; le prix du terrain étant très élevé et un espace étendu, couvert par ses écuries, étant à sa portée, la direction de l'établissement jugea préférable de supprimer ses écuries, plutôt que d'acheter de nouveaux emplacements, de substituer dans ce but, à ses attelages à chevaux, des véhicules automobiles moins encombrants, et d'utiliser le terrain ainsi rendu libre pour la construction des bâtiments qu'elle voulait ériger.

Telles sont les circonstances dans lesquelles l'outillage a été transformé; la brasserie possédait quelques véhicules électriques depuis plusieurs années; elle en avait acquis sept en 1903 et 1909; c'est donc en toute connaissance qu'elle s'est prononcée pour l'adoption définitive du système électrique.

La première de ses extensions a comporté l'acquisition de 16 camions de 5 tonnes, même capacité que ceux déjà en usage; puis une nouvelle fourniture de 8 camions de 3,5 tonnes y a été ajoutée; en même temps, on a fait construire un garage spécial. Ce garage a 25 mètres de largeur sur 30 mètres de longueur; il est à deux étages et il est équipé de tous les appareils nécessaires pour l'entretien, les réparations, etc., ainsi que d'un élévateur électrique; il est construit exclusivement en fer, en béton et en ciment, et il est établi en prévision des extensions futures; dès à présent, il a été décidé de le surélever de trois étages, car chaque étage ne peut contenir régulièrement que 24 machines, et avant la fin de cette année, 52 seront en service, ainsi que nous l'avons vu; les dernières électromobiles, commandées ou achetées dans le courant de cette année, sont des véhicules de 5 tonnes; elles sont spécialement employées pour la remise à la clientèle des bières en bouteilles.

Chaque camion est desservi par un conducteur et un aide; au moment de la sortie, le conducteur et l'aide ont à s'occuper de charger leur camion; cette opération demande 5 à 6 minutes, pour une charge de 50 demi-tonneaux de bière, ce qui représente la limite pour un camion de 5 tonnes; les camions de 3,5 tonnes emportent 140 baquets de bouteilles. La portée de course des camions est de 50 kilomètres par charge; pour les attelages, elle était de 25 kilomètres; le service est extrêmement rigoureux, notamment à raison des conditions climatériques, et les décès étaient fréquents parmi les bêtes; les couples revenaient à plus de 6000 francs; en moyenne, ils ne donnaient guère plus de 60 à 75 pour 100 de leur capacité normale de travail.

L'économie réalisée par l'emploi du service électrique a été évaluée à 125000 francs par an; des estimations attentives ont permis de fixer à 24,75 cents le prix moyen de remise du tonneau de bière, dans les conditions actuelles, contre 33,70 cents dans le passé; lorsque tous les véhicules électriques seront en service, on arrivera à une économie directe de 250000 francs; à cette somme déjà importante s'ajoute une économie indirecte presque équivalente.

Pour les conducteurs et les aides, le service par électromobiles est beaucoup plus favorable, car ces ouvriers n'ont plus à s'inquiéter, au commencement de leur journée, de harnacher leurs bêtes et de les atteler; à la fin de leur journée, ils sont dispensés aussi de tout souci, une fois leurs véhicules remisés, tandis qu'ils avaient autrefois à dételer leurs chevaux, à les ramener à l'écurie, à mettre les harnais en sûreté, etc. (1).

Des avantages identiques et des économies correspondantes semblent garantis pour toutes les entreprises d'un caractère semblable à celui du service dont il vient d'être parlé, c'est-à-dire pour des distributions, à moyenne distance, avec arrêts relativement fréquents, de charges assez lourdes.

H. Marchand.

(1) W. W. Scott, Brewery Delevery by General vehicle Electric Trucks. *The Motor Truck*, juin 1912.

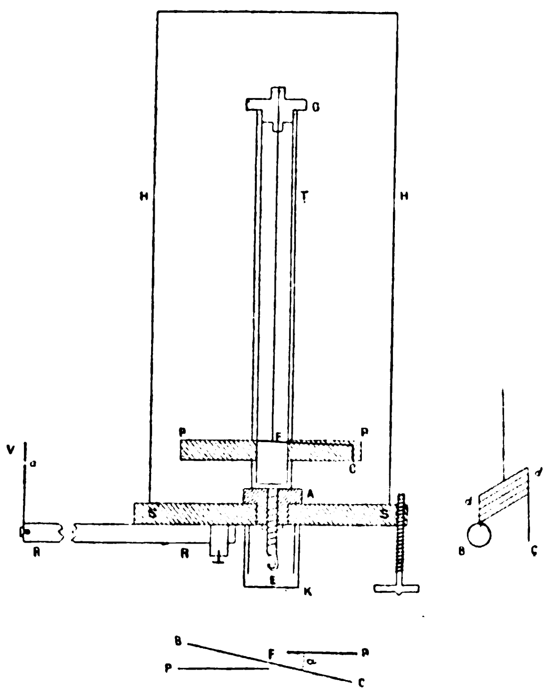
ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 février 1913.

Nouvel électromètre idiostatique, par M. V. Crémieu. — L'emploi thérapeutique de plus en plus fréquent de l'émanation du radium a obligé un grand nombre de personnes, étrangères à la Physique, à faire des mesures de conductibilité gazeuse portant sur des courants de l'ordre de 10^{-11} ampère.

Le seul appareil actuel pratique, pour mesurer des courants aussi faibles en dehors d'un laboratoire, est l'électroscope à feuille d'or dont on observe les vitesses de chute à l'aide d'un microscope.

Les défauts de cet appareil tiennent à la fragilité de la feuille d'or, à la variabilité de son élasticité de flexion, aussi bien qu'au mode d'observation. Celui-ci est fatigant et donne des mesures qui cessent d'être comparables dès



que le champ de visée ne correspond plus rigoureusement au même écart angulaire de la feuille de l'appareil, et l'on est obligé d'opérer toujours entre les mêmes limites de tension,

Pour obvier à ces inconvénients, j'ai construit un électroscope de torsion, qui se comporte comme un véritable électromètre.

Il se compose d'un équipage mobile BC formé d'un morceau de fil d'aluminium recourbé de façon à former à une de ses extrémités une petite alidade circulaire B, et à l'autre extrémité une pinnule C. Entre B et C sont tendus quatre fils d'argent *dd*, de 1/50 de millimètre, dont le frottement contre l'air suffit, pour une valeur convenable de la période d'oscillation, à amortir les mouvements de l'équipage.

Celui-ci est supporté par un ruban métallique de 25 cm de longueur, 0,001 cm d'épaisseur et 0,01 cm de largeur, dont l'extrémité est pincée dans un petit goniomètre G qui peut tourner à la partie supérieure d'un tube métallique T.

Au même niveau que l'équipage mobile, T porte deux palettes PP, disposées de chaque côté du plan vertical de BC.

Le tout est isolé par la pièce d'ambroïde A, au centre du socle à vis calantes SS, qui reçoit une cage cylindrique de protection HH, et un bouchon K.

Sur le socle on peut fixer une règle horizontale RR, de 0,85 m de longueur, au bout de laquelle se placent deux disques métalliques verticaux V, percés d'un trou circulaire O, de 2 mm de diamètre. La distance des centres des trous O est réglable, suivant une direction normale à la règle RR.

Si, par E, on charge le système isolé, les palettes repoussent BC, qui décrit un angle α. Les trous O sont placés dans le prolongement de la direction de BC pour deux valeurs déterminées α_1 et α_2. L'appareil une fois chargé, si un courant agit sur lui, l'observateur placé derrière les disques V verra la pinnule couper diamétralement l'alidade pour $\alpha = \alpha_1$ derrière le premier trou, puis pour $\alpha_1 = \alpha_2$, derrière le second.

La mesure d'un courant revient à compter le temps qui s'écoule entre ces deux intersections, et à le comparer au temps compté pour un courant connu, par exemple le courant de saturation dû à un disque d'oxyde d'uranium.

Capacité de l'appareil. — Pour que la répulsion électrique maintienne l'équipage dans la position définie par l'angle α, il faut que le potentiel ait une valeur qui dépende : 1° du couple de torsion W du ruban FF; 2° de l'angle initial ω dont ce ruban est tordu par rapport au plan des palettes PP.

Pour une même valeur de α, le potentiel, et, par conséquent, la charge totale que prendra le système isolé, est proportionnel à W et à ω, cet angle étant compté positivement quand il colle BC contre PP.

Le système isolé peut tourner sur le socle de façon à placer les palettes dans tous les azimuts possibles par rapport à la direction de la règle RR. D'autre part le goniomètre G permet de donner à ω toutes les valeurs qu'on désire.

On peut donc, très simplement, faire varier à volonté la capacité totale de l'appareil et, par suite, sa sensibilité à la charge, à la tension, ainsi que la tension à laquelle on opère.

Le tableau suivant résume les constantes de l'appareil :

α en degrés.	ω en degrés.	Potentiel en volts.	Sensibilité au potentiel en volts par degré.	Vitesse angulaire par min. pour un courant de $1{,}4 \times 10^{-11}$ ampère	Vitesse linéaire correspondante à 85 cm du centre en mm.	Capacité totale en cm.
20	0	114	6	7°56′	112	10
60	0	555	22.2	2°33′	37,8	29
20	500	471	12	»	»	20
20	720	738	18	»	»	30
20	1080	972	21	»	»	40

La sensibilité limite dépend de l'isolement de l'appareil. Celui-ci présente une fuite spontanée qui, dans une atmosphère normale, entraine à peine une vitesse de chute de 30′ par heure.

Si l'on convient de considérer comme mesurable un courant qui entraînera une vitesse dix fois plus forte, soit 5° à l'heure, on voit que la sensibilité limite est de 10^{-13} ampère.

En plus de sa grande sensibilité et de son mode d'observation qui dispense de tout réglage, l'appareil est d'une très grande solidité et peut supporter toutes les surtensions sans qu'il y ait à craindre ni court-circuit, ni rupture de l'équipage mobile. Une fois que l'angle α atteint 90°, l'équipage ne bouge plus quelles que soient les charges qu'on lui communique.

Séance du 17 *février* 1913.

Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant, en générateurs ou en récepteurs, sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions (¹), par M. André Blondel. — Le diagramme nouveau est une généralisation du diagramme que j'ai donné dans mon livre : Moteurs synchrones (*Encyclopédie Léauté*), page 143, figure 43, dans lequel on remplacera les inpédances $Z = \sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}$ et l'angle de phase γ par ceux déduits de $Z_t = \sqrt{r^2 + \omega^2 L_t^2}$ (avec $L_t = l_t - s$) et tang $\gamma = \frac{\omega L_t}{r}$.

En combinant le vecteur de la force électromotrice U avec le vecteur $Z_t I$ porté suivant AA_1 sous l'angle $\frac{\pi}{2}$ en avance à partir du vecteur I du courant efficace, on obtiendra une force électromotrice fictive OA_1 qui serait celle de Joubert si $L_t = L$, et que j'appellerai pour ce motif *force électromotrice joubertique* de l'alternateur fonctionnant en génératrice. De même, si l'on porte le vecteur $Z_t I$ sur la direction opposée AA_2, la nouvelle résultante A_2O représente la force électromotrice joubertique qu'aurait le même alternateur s'il fonctionnait en réceptrice sous cette intensité de courant.

Le diagramme ainsi obtenu jouit, aussi bien pour la génératrice que pour la réceptrice, des propriétés que j'ai figurées dans mon livre précité, à la figure 26, page 89, c'est-à-dire que la position des extrémités A_1 ou A_2 permet de mesurer : le décalage du courant (par l'angle que forme le vecteur $Z_t I$ avec la ligne AN tracée sous l'angle

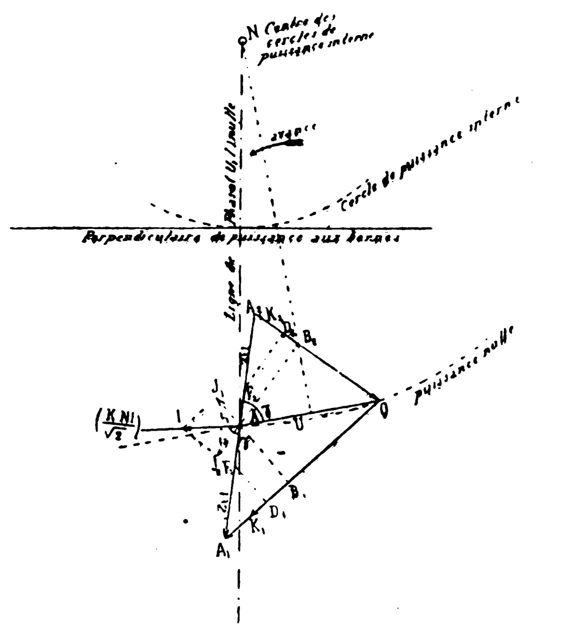


Fig. 1. — Diagramme des forces électromotrices, des courants et des puissances.

γ), la puissance aux bornes (par un réseau de droites isoergs perpendiculaires à AN), et la puissance intérieure, c'est-à-dire la puissance aux bornes diminuée de la perte

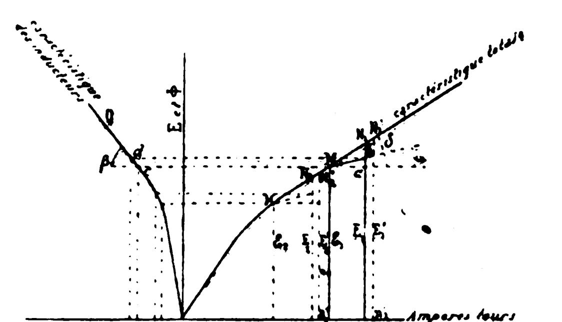


Fig. 2. — Diagramme des forces magnétomotrices.

par effet Joule (par un réseau de cercles, dont on voit aisément que le centre est en N à une distance $AN = \frac{U}{2 \cos \gamma}$).

La force électromotrice réelle induite dans l'alternateur est formée de deux composantes : l'une axiale OB_1, l'autre transversale AB_1 (de même OB_2, AB_2 pour la réceptrice); l'angle γ diffère assez peu, en général, de 90° pour qu'on soit en droit de porter en $AF_1 AF_2$ sur la direction $Z_t I$, les chutes de tension par impédance de fuites seule $zI = \sqrt{r^2 + \omega^2 l_t^2}$; les forces électromotrices internes totales ont ainsi pour composantes axiales OD_1, OD_2. Cette remarque permet de déduire, au moyen des courbes

(¹) Cf. La Théorie empirique des alternateurs. *Comptes rendus*, t. 120, p. 586. Complétée dans *L'Industrie électrique*, nov.-déc. 1889, et surtout dans l'*International Electrical Congress of Saint-Louis*, 1904, t. I, p. 635.

Je conserve les mêmes notations que dans ma Communication du 28 mai 1912.

Pour le calcul du coefficient de self-induction de la réaction transversale l_t, la perméabilité de circuit magnétique de l'induit est supposée déterminée dans l'état *résultant* du champ dans l'induit, suivant les principes généraux que j'ai posés autrefois pour les moteurs polyphasés. Cet état magnétique est approximativement mesuré par la force électromotrice aux bornes U augmentée vectoriellement de rI et de la chute de tension réactive ωI, produite par le coefficient de self-induction de fuites s attribuable à l'induit seul. Pratiquement l_t est peu variable avec I, et sa variation en fonction de ψ peut être considérée comme une simple correction.

caractéristiques supposées connues de l'alternateur, l'excitation nécessaire en ampères-tours pour les deux régimes représentés par les points A_1, A_2 respectivement.

Soit ON_1 la caractéristique totale d'excitation, OQ la caractéristique des inducteurs seuls, P_f la perméabilité des fuites magnétiques entre les pièces polaires des inducteurs. On trace sur la figure 1 le vecteur du courant à une échelle telle qu'il représente aussi, à l'échelle des abscisses de la figure 2, les contre-ampères-tours $\frac{KNI}{\sqrt{2}}$. Pour la génératrice par exemple, on porte en ordonnées sur la caractéristique totale $M_1m_1 = \mathcal{E}_1 = OD_1$; on obtient les ampères-tours Om_1 nécessaires pour produire $\mathcal{E}_1$, et il suffit d'ajouter $m_1n_1 = AJ_1$ de la figure 1 pour avoir On_1. Mais il faut, comme je l'ai signalé en 1898 [1], tenir compte de l'augmentation de saturation des inducteurs par les fuites; à cet effet, tracer au point M_1 la droite M_1B faisant l'angle $\alpha =$ arc tang P_f, puis les deux horizontales *ac*, *bd* jusqu'à la rencontre avec OQ; les ampères-tours p_1q_1 sont à ajouter à On_1 en $n_1\ n'_1$.

L'excitation totale est finalement On'_1, qui donnerait une force électromotrice à vide E'_1; celle-ci peut être représentée sur le vecteur joubertique en OK_1; mais il est préférable de reporter sur ce vecteur les ampères-tours eux-mêmes.

La détermination pour le cas de l'alternateur fonctionnant en moteur est représentée par les mêmes constructions avec l'indice 2 au lieu de l'indice 1.

Le diagramme (fig. 1 et 2) permet, en opérant par points, de déterminer ainsi la loi de l'excitation en fonction du décalage pour une puissance utile constante. Inversement, on peut, en supposant l'excitation constante, déduire la variation de puissance en fonction du décalage du vecteur OA_2; par exemple en effectuant, pour chaque position de OA_2, les mêmes constructions, mais en sens inverse de ce qui a été exposé ci-dessus, on trouvera par tâtonnements la position du point A_2 et la puissance s'en déduira par simple lecture sur le réseau des courbes isoergs.

Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante, par M. Grumbach. — Quand on polarise une électrode au moyen d'une force électromotrice suffisante pour produire l'électrolyse, on peut se demander s'il y a simultanéité entre ce dernier phénomène et l'application de la force électromotrice ou bien si le dégagement gazeux ne commence qu'un temps fini *t* après la mise en circuit; si celle-ci, dans la seconde hypothèse, n'a lieu que pendant un temps très court, inférieur à *t*, on doit s'attendre à n'apercevoir encore aucune bulle pour une force électromotrice qui, appliquée en permanence, produira une électrolyse continuelle. Telle est le but des expériences décrites dans cette note :

On regarde au microscope une électrode constituée par l'extrémité d'un fil de platine soudé dans un tube de verre; le fil affleure exactement à la surface qui a été polie sur une meule fine. L'autre électrode est constituée par un fil de 0,5 mm de diamètre et de 12 cm de longueur. Toutes deux plongent dans de l'acide sulfurique à 1/2 en volume.

Pour observer commodément l'apparition des premières bulles, on a recourbé le tube de verre de la petite électrode de manière que son axe coïncide avec celui du microscope qui est horizontal. On peut ainsi, suivant le mode d'éclairement, voir les bulles brillantes se détacher sur fond sombre ou dissimuler l'électrode qui réfléchit la lumière.

Un appareil à chute met, pendant un temps très court, le voltamètre en dérivation sur le circuit d'un accumulateur; la durée du contact employé ici était de 0,12 seconde.

On constate qu'à partir d'une certaine force électromotrice *m*, le contact instantané ne donne encore lieu à aucune électrolyse, tandis qu'en laissant la communication fermée plus longtemps, on voit des bulles apparaître. Au-dessus d'une certaine force électromotrice $M > m$, elles se forment même en 0,12 s. Ajoutons qu'à partir d'une certaine valeur de la force électromotrice comprise entre *m* et *M*, il y a électrolyse réelle en régime permanent; le contact demeurant fermé, la décomposition du liquide se poursuit régulièrement.

Nous donnons ici quelques nombres à titre d'exemple :

Diamètre de la petite électrode en mm.	Force électromotrice polarisante en volts. Hydrogène.		Oxygène.	
	m.	*M*.	*m'*.	*M'*.
1/10	0,86	0,92	1,07	1,25
1/50	0,90	0,93	1,21	1,21
1/100	0,95	0,95	1,55	1,55

Les premières bulles se forment sur le contour de l'électrode; quand on atteint *M*, on voit souvent un ou deux points brillants isolés qui disparaissent très rapidement après la mise en circuit instantanée. D'autre part, la différence $M - m$ diminue avec la surface de l'électrode.

En résumé, l'électrolyse présente un retard appréciable sur l'application de la force électromotrice polarisante.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance supplémentaire du 17 avril 1913.

MM. Grosselin, président sortant, et Berthelot, président entrant, prononcent les allocutions d'usage.

L'électrification des chemins de fer du Midi, par M. Jullian. — Depuis une dizaine d'années, des conditions particulières ont conduit la Compagnie du Midi à organiser la traction électrique sur son réseau; à la suite d'une demande faite par l'Etat à la Compagnie d'établir des lignes de son nouveau réseau avec des déclivités pouvant atteindre jusqu'à 80 mm par mètre et des courbes dont le rayon pouvait descendre à 80 mètres, l'Etat accepta d'envisager l'emploi de la traction électrique et reconnut qu'il pouvait intervenir dans les dépenses; il se montra disposé à payer tous les travaux hydrauliques assurant la production de la puissance, les lignes de transport d'énergie et de prise de courant.

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, p. 529, 2e colonne, 10e ligne.

La première application de cette formule est la convention du 7 décembre 1902, relative à la concession du chemin de fer de Cerdagne, avec pentes maximas prévues de 0,08 (réduites ensuite à 0,06) et rayon minimum de 80 mètres.

La deuxième application (1907) se rapporte à la construction du transpyrénéen avec pente maxima de 0,043 et rayons de 150 à 200 mètres.

La troisième application (1908) fut faite au sujet des lignes des Pyrénées centrales, affluents de la ligne Toulouse-Bayonne, lignes d'exploitation médiocre avec pente maxima de 0,044 et rayons de 150 à 200 mètres. C'est pour ces dernières lignes que fut décidé l'emploi du courant alternatif simple à fréquence 16 2/3 avec tension de 12000 volts pour la ligne de travail; ce choix se justifie en ce que ce courant fut adopté en 1907, époque à laquelle le continu haute tension n'était pas à envisager; le triphasé fut rejeté parce qu'il ne donne qu'une gamme de vitesses insuffisamment souple et qu'il impose dans les gares des aiguillages aériens de complication extrême.

La distribution d'énergie se fera à 60000 volts; la tension, de 6000 volts aux bornes des alternateurs, est élevée à 60000 volts par transformateurs et le courant est amené par 4 câbles d'aluminium de 130 mm² de section aux 5 sous-stations transformant le courant à 12000 volts pour la ligne de travail.

Dans les essais faits sur la ligne de Villefranche à Ille, 6 types différents de suspension de la ligne de travail ont été expérimentés; le système trouvé le meilleur pour les vitesses inférieures à 100 km par heure est la caténaire la plus simple sans compensation avec portées de 50 à 60 mètres, la ligne étant montée à peu près horizontale pour la température moyenne. On emploiera donc la caténaire simple sur toutes les lignes avec des pylones qui seront surmontés d'un cadre quand ils auront à supporter la ligne à 60000 volts.

Les meilleurs pylônes sont ceux en ciment armé, mais ils sont lourds et longs à exécuter; on emploiera des pylônes en vieux rails qui sont économiques, ne masquent pas les signaux et donnent à l'équipement des gares un aspect léger, gracieux, ne gênent pas la vue.

M. Jullian donne d'intéressants renseignements sur les usines, sur le matériel moteur, sur la récupération, et sur les perturbations télégraphiques et téléphoniques; la plupart de ces points ont été ou seront développés dans de nombreux articles de ce journal.

La traction électrique aux Etats-Unis, par M. Parodi. — Les applications les plus importantes de la traction électrique aux Etats-Unis se rapportent aux tramways pour lesquels, sur 55000 km exploités :

98 pour 100 le sont en courant continu ;

1 pour 100 en continu haute tension ;

1 pour 100 en alternatif simple.

Pour les chemins de fer, les lignes de banlieue sont partagées entre le continu et le monophasé, et quelques rares lignes de montagne ont adopté le triphasé.

L'exploitation des lignes de banlieue américaines est toute différente de celle des lignes de banlieue française; le tarif moyen du New-York Central (0,06 fr par km) est double de celui des lignes françaises ordinaires (0,024 fr par km) et beaucoup plus élevé que celui des lignes de banlieue française (tarifs ouvriers); les lignes de New-York ont à assurer le transport d'un grand nombre de voyageurs consentant à payer plus cher et n'acceptant pas l'entassement.

M. Parodi a tiré des statistiques américaines un grand nombre de renseignements intéressants que nous ne pouvons détailler dans ce compte rendu.

Les automotrices à courant alternatif simple du New-York New-Haven (79 tonnes pour 600 chevaux) ont un poids beaucoup plus élevé que celles à courant continu du New-York Central (42 tonnes pour 480 chevaux); le courant alternatif simple impose donc la conservation de la remorque par locomotive.

M. Parodi donne la description des grandes gares du New-York Central et du Pennsylvania Railroad.

Les dépenses totales d'exploitation pour des parcours kilométriques sensiblement égaux ont été en 1911 de 5000000 francs pour le New-York Central et de 4 millions 500000 francs pour le New-York New-Haven.

La dépense annuelle d'entretien et de réparation a été en 1912 de 0,10 fr par locomotive-kilomètre à courant continu de 2000 chevaux du New-York Central, de 0,22 fr par locomotive-kilomètre à courant monophasé du New-York New-Haven, de 0,21 fr pour les locomotives électriques de 4000 chevaux du Pennsylvania Railroad et de 0,37 fr pour les locomotives à vapeur du Pennsylvania Railroad; ce dernier chiffre est sensiblement égal à ceux obtenus en France.

La dépense d'installation d'une ligne monophasée est sensiblement double de celle d'une ligne à courant continu.

Cette comparaison doit être néanmoins atténuée par ce fait que le monophasé en est à son début.

En ce qui concerne la traction sur les grandes lignes, M. Parodi compare (au moyen d'un diagramme donnant les efforts de traction en fonction de la vitesse) différents types de locomotives à vapeur et électriques. Il en résulte que la locomotive à vapeur l'emporte actuellement ici sur les locomotives électriques : ceci tient à ce que dans la locomotive à vapeur le poids de la partie motrice atteint environ 5 kg par cheval, tandis qu'elle atteint 12 à 16 kg par cheval pour les moteurs à courant continu et 16 à 18 kg pour les moteurs monophasés, *ces moteurs électriques ayant leur puissance maxima pour une vitesse égale à 0,5 ou 0,6 fois leur vitesse maxima.*

Il faudrait donc que les moteurs des grandes lignes aient une caractéristique shunt et non une caractéristique série; les locomotives triphasées ont d'ailleurs une puissance élevée aux grandes vitesses.

Un autre avantage des locomotives à vapeur est que la consommation de ces machines munies de surchauffeur est du même ordre que celle des machines de stations

centrales : par exemple, les locomotives à vapeur du Pennsylvania Railroad consomment 1,2 kg de charbon et 7,5 kg de vapeur par ch.-h utile au crochet.

Des essais faits par le Pennsylvania Railroad relativement aux chocs imprimés par les locomotives à la voie ont donné avec la locomotive à vapeur des chocs latéraux inférieurs à ceux obtenus avec une sans engrenages électrique, et ces chocs sont de plus non périodiques avec la locomotive à vapeur; c'est pour cela que le Pennsylvania Railroad a adopté la commande par bielles pour les très grandes vitesses.

Pour les lignes de montagnes, le grand avantage de la traction électrique est de permettre l'utilisation de l'adhérence totale. M. Parodi montre que l'on a une pente critique à partir de laquelle la traction électrique est plus avantageuse que la traction à vapeur au point de vue des dépenses d'exploitation. De plus le freinage électrique présente des avantages appréciables pour la conservation des bandages et des voies. P. G.

REVUE DE LA PRESSE

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

L'éclairage des rues de Chicago. — La municipalité de Chicago vient de décider le remplacement des anciennes lampes à arc à courant continu et des lampes à gaz par 10 000 lampes à arc à flamme à courant alternatif et plusieurs milliers de lampes à incandescence à basse tension. L'alimentation a lieu à 4000 volts; l'énergie est fournie par une station hydraulico-électrique de 32 000 kilowatts à 44 000 volts, abaissée à 12 000, puis à 4000 volts.

Les lampes à arc à flamme sont du type de 550 watts, 10 ampères, de la General Electric C°. Elles sont suspendues à une hauteur de 8 mètres à des poteaux en fonte distants l'un de l'autre de 80 mètres. Les lampes à incandescence de 100 watts sont des lampes Wolfram. Leur emploi a été réservé pour les quartiers peu fréquentés: elles sont pour la plupart placées dans les anciens candélabres à gaz, entourées d'une sphère dépolie. Chaque lampe consomme 4 ampères sous 25 volts et possède une intensité hémisphérique moyenne de 62 bougies. La distance entre deux lampes est de 24 mètres.

L'alimentation des lampes à incandescence est assurée par un tronçon de câble armé pour chaque série de 160 lampes. Le réglage de l'intensité à une valeur constante est obtenu par la mise en dérivation d'une bobine de self sur chaque lampe, placée à l'intérieur du candélabre. Dès qu'une lampe est éteinte; le courant total traverse la bobine qui ne l'était jusqu'à cet instant que par le courant magnétisant (*El. World*, 12 et 19 oct. 1912.) M. A.

INSTALLATIONS

Machines soufflantes à turbines pour usines à gaz, installations de fours à coke et hauts-fourneaux. — Les usines à gaz et les installations des fours à coke utilisent des soufflantes soit pour l'aspiration des gaz bruts tels qu'ils sortent des cornues ou des fours, soit pour le refoulement des gaz épurés dans les gazomètres ou les conduites de distribution.

Les machines employées sont soumises dans les deux cas à des conditions différant sous beaucoup de rapport; mais elles présentent néanmoins la caractéristique commune d'avoir à fournir des débits considérables sous de faibles pressions. Les turbo-soufflantes conviennent parfaitement à cette application. Elles se distinguent par leur prix relativement peu élevé, leur faculté d'adaptation aux variations du service et leur faible encombrement, ce qui peut présenter une importance considérable lors de l'extension d'installations existantes.

Les aspirateurs de gaz brut ont à fonctionner dans des conditions extrêmement défavorables, auxquelles les soufflantes de type Root généralement employées jusqu'ici ne satisfont que dans une mesure très imparfaite. Les impuretés entrainées par les gaz provoquent en effet une usure rapide de leurs organes, d'où il résulte une diminution considérable du rendement.

Cette usure et ses suites fâcheuses n'ont pas lieu avec les turbo-soufflantes, dont le rendement conserve une valeur élevée après une marche de durée illimitée. Les changements de température du gaz ou de l'air ambiant occasionnent facilement des détériorations et une marche défectueuse des anciennes machines par suite de la faible valeur des jeux que l'on est obligé d'admettre, tandis que les turbo-soufflantes sont insensibles à de telles variations. Leur entretien se réduit au nettoyage périodique de l'intérieur de la soufflante, afin d'enlever les impuretés qui auraient pu se déposer; toutes les parties mobiles sont lubrifiées automatiquement d'une manière satisfaisante. Quelques systèmes permettent l'isolement des paliers du chemin suivi par le gaz. On évite ainsi la décomposition de l'huile de graissage et les pertes qui se produiraient par aspiration de cette huile à l'intérieur de la soufflante.

Dans le cas où l'aspirateur est actionné par turbine, la vapeur d'échappement, totalement dépourvue d'huile, peut être utilisée au chauffage des appareils à ammoniaque.

Les soufflantes de refoulement travaillent dans des conditions moins défavorables (le gaz étant déjà épuisé); elles doivent par contre pouvoir être réglées dans des limites beaucoup plus étendues.

Ce réglage doit être automatique, afin de maintenir aussi uniforme que possible la pression dans les canalisations. On y arrive au moyen d'un appareil consistant essentiellement en une cloche plongeuse chargée d'un poids et dont la profondeur d'immersion dépend de la pression du gaz. Les déplacements de la cloche sont transmis par un tringlage approprié au régulateur de la turbine ou éventuellement à celui du moteur électrique de commande. Ces régulateurs, fonctionnant sans frottement appréciable, limitent à quelques millimètres d'eau les oscillations de pression, malgré les variations considérables que peut éprouver le débit. Dans les cas fréquents où l'on désire maintenir la pression constante en un point déterminé de la conduite, il suffit de prévoir un dispositif de réglage électrique de la vitesse.

La construction des soufflantes et le choix des machines de commande sont déterminés par les conditions de marche de l'installation.

Les aspirateurs sont en général actionnés par des turbines à contre-pression avec réglage à main de l'admission. Celles-ci ne possèdent qu'un régulateur de sûreté entrant en action lorsque la vitesse atteint une valeur trop élevée. Un certain nombre d'installations sont équipées avec des moteurs électriques à courant continu ou triphasé.

Le montage dans une même salle de la soufflante et du moteur est parfois interdit en raison des dangers d'explosion. Le moteur sera alors placé dans une salle voisine de celle où se trouve la soufflante, et l'on obtient une sécurité parfaite contre les explosions en montant un joint d'étanchéité hydrau-

lique à la traversée du mur par l'arbre de commande. Le moteur à courant continu est en général préférable au moteur à courant triphasé au point de vue de l'exploitation, par suite de la facilité avec laquelle on peut régler la vitesse et par conséquent le débit dans des limites étendues.

Les soufflantes de refoulement, qui nécessitent de plus grosses puissances que les aspirateurs, seront d'ordinaire actionnées par des turbines à condensation avec régulateur à pression d'huile ou éventuellement par moteurs électriques.

Pour les soufflantes de hauts-fourneaux on désire souvent un réglage à volume constant. Le personnel du haut-fourneau est habitué à ce que les soufflantes à piston fournissent une masse d'air à peu près proportionnelle au nombre de tours; le réglage du nombre de tours lui fournit donc le moyen de varier le volume d'air envoyé au haut-fourneau, indépendamment de sa pression. Il en résulte que le réglage à volume constant est souvent demandé. L'expérience a montré qu'un réglage de ce genre fait perdre un des plus importants avantages techniques que les turbo-soufflantes possèdent sur les soufflantes à piston, et que par contre un réglage à pression constante est de beaucoup préférable.

Une perturbation onéreuse dans la marche d'un haut-fourneau consiste dans l'accident nommé « accrochage des charges ». Dès qu'un tel accrochage commence avec un réglage à volume constant la puissance de l'air augmente par suite de la plus grande résistance de passage, il se forme un dôme à l'intérieur du haut-fourneau. Ce dôme augmente jusqu'au moment où il se brise et s'abat livrant passage à l'air sous pression. Or, dans le réglage à pression constante, le volume d'air diminue dès que la résistance de passage augmente et la formation du dôme se trouve arrêtée. La tendance aux accrochages est donc réduite de beaucoup, la marche devient régulière, la consommation de coke diminue et la production croît.

En général le réglage à pression constante n'est même pas nécessaire, car la caractéristique des turbo-soufflantes est telle que, à un nombre de tours constants, le volume diminue beaucoup pour une faible augmentation de pression. Le réglage à vitesse constante suffit donc à limiter considérablement les accrochages.

Le réglage à pression constante peut être obtenu très facilement en utilisant la pression du vent sur un piston, qui par une transmission convenable, agit sur le régulateur de la turbine, ou sur la résistance de réglage du moteur dans le cas où la puissance est fournie électriquement.

Le réglage à volume constant s'obtient par un multiplicateur Rateau qui consiste en une série de tubes en tôles d'acier, coniques, emmanchés les uns dans les autres et placés dans la conduite d'aspiration. Chaque variation de débit produit dans un tuyau raccordé sur le tube conique intérieur une variation de pression qui suffit, grâce à un servo-moteur, à commander la distribution de la turbine ou le réglage du moteur. Toutefois, bien qu'il soit possible, sans aucune difficulté, de réaliser un réglage soit à pression constante, soit à volume constant, l'expérience a montré que la constance du nombre de tours suffit en général pour le service courant.

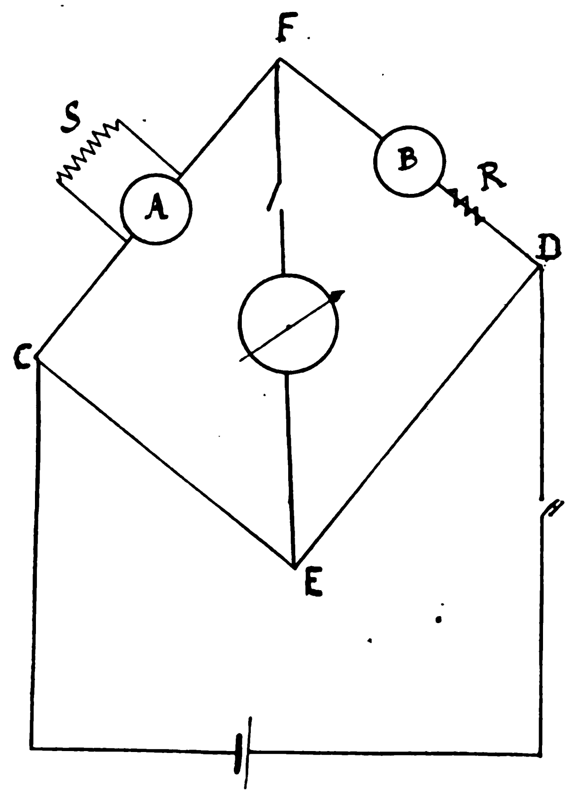
M. A.

MESURES

Comparaison de la self-induction de deux bobines. — M. Anderson, dans l'*Electrical World*, n° 21, volume 57, donne une nouvelle méthode pour comparer deux selfs. Si l'on a un système composé d'une bobine de résistance P, ayant un coefficient de self-induction L, branchée en parallèle avec une résistance non inductive S, l'ensemble formé à un coefficient égal à $\frac{LS^2}{(P+S)^2}$.

Il est alors possible, en shuntant une self par une résistance non inductive, de réduire ce coefficient à une valeur déterminée. La méthode suivante de comparaison est basée sur ce fait.

Deux bobines A et B, B ayant un coefficient de self connu plus petit que celui de A, sont placées dans deux bras d'un pont de Wheatstone. B est en série avec une résistance R réglable et A se trouve shuntée par une résistance réglable S. La résistance de CE est égale à la résistance de ED. Si la résistance dans le bras DF est égale à celle de CF, il n'y aura pas



de courant permanent dans le galvanomètre, et si le coefficient de self de DF est égal à celui de CF, il n'y aura pas de déviation au moment où l'on ferme la clef pile, la clef galvanomètre étant abaissée. La méthode consiste à agir sur S et R jusqu'à ce que ces deux conditions soient remplies.

Si nous appelons X et Y les résistances de A et B, L et N leurs coefficients de self respectifs, on a les relations :

$$\frac{L}{N} = \left(1 + \frac{X}{S}\right)^2 \quad \text{et} \quad \frac{XS}{X+S} = Y + R$$

Il est possible que Y soit plus grand que $\frac{XS}{X+S}$; dans ce cas la résistance R doit être mise en série avec le système formé par A et S. Pour faciliter cette manœuvre il est préférable d'avoir des résistances réglables dans chaque bras. F. H.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Chemins de fer électriques des banlieues de New-York et Boston. — Ces deux chemins de fer sont alimentés en courant alternatif 11 000 volts, 25 p : s, d'après le système de Westinghouse C°. La longueur de leur parcours est d'environ 28 km. Le trafic est assuré par des trains rapides d'une vitesse commerciale de 60 km à l'heure (vitesse maxima de 90 km à l'heure et par des trains locaux parcourant 35 km à

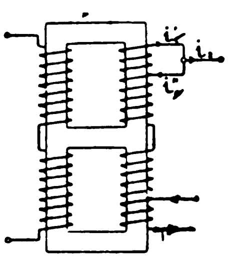
l'heure. Le nombre journalier des trains dans chaque direction est de 110. L'alimentation est faite par deux stations centrales distantes de 20 km du point de croisement des deux chemins de fer. Le fil du trolley est porté par une suspension caténaire; la distance de deux points d'attache consécutifs est en moyenne de 100 m. Le fil de contact, d'une section de 105 mm², est en acier: il est surmonté d'un câble de cuivre de même section avec lequel il est relié électriquement et mécaniquement. Ces deux câbles solidaires sont suspendus aux câbles porteurs en acier au moyen de chaînes d'isolateurs éprouvées à 110000 v. Cette combinaison répond à la triple condition de flexibilité, solidité mécanique et conductibilité. Des tendeurs spéciaux sont placés dans les courbes et des sectionneurs de ligne permettent de séparer la ligne en plusieurs tronçons.

Le matériel roulant comprend 28 voitures automotrices à commande Sprague, avec châssis en acier, et deux voitures à bagages. Les voitures peuvent recevoir 78 voyageurs et pèsent 54 tonnes; elles sont munies de freins à air comprimé et pourvues de chauffage électrique et ventilation. Leur commande a lieu par 6 moteurs à 6 pôles du type série-compensé de 100 kw dont le poids est réparti partiellement sur l'essieu-moteur et le châssis.

Les combinateurs de manœuvre permettent trois vitesses de marche sans résistances correspondant à trois prises sur les transformateurs-abaisseurs, et trois degrés de démarrage avec résistances. Le courant d'excitation des contacteurs est fourni par une batterie de 32 v chargée par un moteur-générateur. Un interrupteur à maxima de vitesse ainsi qu'un relais de déclenchement à tension nulle sur la ligne existent sur chaque voiture. (*El. Journal*, octobre 1912). M. A.

TRANSFORMATEURS

Nouveau transformateur à rapport variable. — Afin d'éviter la formation d'étincelles lors du passage d'un plot à l'autre dans les transformateurs à rapport variable, sans emploi de résistances de soufflage, Vallauri emploie deux transformateurs dont les primaires et les secondaires sont montés en série. Le rapport de transformation n'est pas changé simultanément dans les deux moitiés, mais l'est successivement, par la mise en court-circuit d'une partie du bobinage.



L'enroulement primaire se comportant comme une résistance inductive, la force électro-motrice dans la partie mise en court-circuit est faible et la variation de la tension a lieu d'une façon continue d'une touche à l'autre, lorsque la résistance de la partie mise en court-circuit varie de l'infini à zéro. Les deux transformateurs peuvent être montés sur un même circuit dont le noyau central n'est parcouru par le flux que pendant le passage d'un degré à l'autre. Le courant secondaire i^2 est égal à la différence entre les courants i' et i'' qui circulent dans la partie de l'enroulement mise en court-circuit au début et à la fin de la période de passage d'une touche à l'autre. L'auteur établit une théorie de ce transformateur et communique des résultats d'expérience. On peut obtenir un rendement de 87 pour 100 et un cos φ de 0,83.

Cette disposition présente l'inconvénient de doubler le nombre des contacts et des touches, en outre elle ne permet pas d'induction supérieure à 10000 gauss. Ces inconvénients sont compensés par la plus grande souplesse du réglage. (*Assoc. Electrot. Italiana*, vol. 16, n° 9.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

441 982. — **Godfree.** — *Appareil complexe destiné à l'enregistrement automatique du nombre total d'appels effectifs et individuels pour appareils téléphoniques* (1er avril 1912).

442 011. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Appareil d'intercommunications téléphoniques* (10 juin 1911).

441 814. — **Girardelli.** — *Moteur électrique pour la transmission de mouvements angulaires avec moteur auxiliaire qui en règle les déplacements successifs* (14 mars 1912).

441 872. — **Hébert.** — *Dynamo à marche constante* (28 mars 1912).

441 973. — **Limb.** — *Moteur monophasé à collecteur* (7 juin 1911).

441 999. — **Morrisson.** — *Electrodes d'accumulateurs en plomb et procédé de fabrication* (1er avril 1912).

442 014. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Déphaseur à déphasage réglable à volonté* (8 juin 1911).

441 795. — **Société Hartmann et Braun A. G.** — *Disposition de parois protectrices pour redresseurs de courant à vapeurs métalliques pourvus de récipients métalliques* (29 janvier 1912).

441 803. — **Pucel.** — *Nouveau système électrique de défense contre la destruction des conduites de tous genres et surtout des canalisations électriques* (14 février 1912).

441 805. — **Société anonyme des établissements Gruyelle.** — *Perfectionnements aux interrupteurs de courant* (22 février 1912).

441 874. — **Fagerlund.** — *Compteur d'électricité* (28 mars 1912).

441 938. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux contrôleurs pour moteurs électriques* (30 mars 1912).

441 950. — **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.** — *Limiteur de courant* (30 mars 1912).

441 935. — **Société dite : The Spirella C°.** — *Crochets supports d'anodes pour la galvanoplastie* (30 mars 1912).

441 936. — **Société dite : The Spirella C°.** — *Genre de support d'anode pour la galvanoplastie* (30 mars 1912).

441 822. — **Lépiney.** — *Lampe à filament métallique à intensité variable* (25 mars 1912).

441 914. — **Jahoda et Société dite : Electrische Gluhlampenfabrik Watt Sharf Loti and Latzko.** — *Procédé de fabrication de filaments ductiles pour lampes à incandescence en partant de métaux ou d'alliages métalliques difficilement fusibles* (29 mars 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

73007. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 514. 25 Mai 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Sur la manière dont se comportent les filaments étirés de tungstène avec le courant alternatif. — T. S. F. dans les chemins de fer. — Accident dû à la haute tension. — Maladie professionnelle des radiotélégraphistes. — Influence de la lune sur la T. S. F. — La 21e assemblée générale de la société électrotechnique allemande. — Lampes à arc et à incandescence. — Statistique des accidents dus au pétrole, au gaz et à l'électricité en Allemagne en 1912. — Explosion d'une turbo-dynamo. — Radiographie cinématographique. — L'électrification des chemins de fer allemands 225

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Auch. Auxerre. Bourdeilles. Bourg. Cahors. Fécamp. Charolles. Chalamont. Foix. Issy-les-Moulineaux. Marlieux. Saint-Denis. . 228

LES MOTEURS SYNCHRONES A DÉMARRAGE SANS CHARGE ET A ACCROCHAGE AUTOMATIQUE. **A. Soulier** 229

LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF (*suite*) 231

LES BALAIS DANS LES MACHINES ÉLECTRIQUES. **R. G** 234

LA MISE A LA TERRE DES APPAREILS ÉLECTRIQUES. **Marchand**. . . . 239

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du 17 février* 1913 : Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes 240

Séance du 24 février 1913 : L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse, par **A. Turpain**. 240

Séance du 3 mars 1913 : Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant sur réseau à potentiel constant ou en parallèle, par **A. Blondel** 242

Séance du 10 mars 1913 : Relais extra-sensibles pour la T. S. F. par **A. Turpain** 243

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — Essais des toiles isolantes. — Rayons X ; applications médicales. — Variation, en fonction de la température, du magnétisme rémanent des aciers aimantés à froid 245

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations* : De l'extraction à grande profondeur. Choix de la force motrice dans les industries textiles. — *Magnétisme* : Des propriétés magnétiques du fer. — *Mesures* : Essais d'un turbo-compresseur. T. S. F. Du rayonnement des antennes. 245

BREVETS D'INVENTION 248

INFORMATIONS

Sur la manière dont se comportent les filaments étirés de tungstène avec le courant alternatif. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 avril.) — M. O. Scarpa a fait des essais pour déterminer l'influence du courant alternatif sur les filaments de wolfram. On sait que les lampes tantale ont une durée de vie moindre quand elles sont alimentées par le courant alternatif, et ce fait est dû aux oscillations électro-mécaniques qui se produisent et entraînent une transformation de la texture du filament. Le changement de cristallisation est tel qu'il se produit des fentes transversales, de sorte que le filament se brise plus vite. Dans des filaments de wolfram ordinaires, les observations microscopiques ont montré qu'en premier lieu les cristaux sont plus petits que ceux des fils de tantale, et qu'en outre ils paraissent beaucoup plus serrés, de sorte que le courant alternatif doit être moins nuisible, ce que du reste la pratique a confirmé.

Comme les deux métaux cristallisent dans le même système (monométrique), on pouvait penser que la différence de cristallisation est due au mode de fabrication. On pouvait craindre une influence désastreuse du courant alternatif sur les nouvelles lampes en wolfram ou tungstène étiré.

Afin de s'en rendre compte, Scarpa a fait une série d'essais sur des lampes au wolfram, en utilisant du courant continu et du courant alternatif ; les lampes à courant continu brûlaient tranquillement, tandis que l'on donnait fréquemment des chocs à celles fonctionnant avec le courant alternatif. Les Les résultats des expériences ont été les suivants :

Courant continu. — Après 500 heures de fonctionnement, les filaments tréfilés de wolfram ne présentent pas une série de nœuds comme ceux de tantale, et les cristaux n'ont pas des surfaces de séparation perpendiculaires ; ils ressemblent à ceux des filaments obtenus au moyen d'une pâte ; l'influence de l'élévation de température est la même, que le filament soit obtenu par étirage ou par compression d'une pâte.

Courant alternatif. — Les filaments des lampes ayant fonctionné (avec du courant à 42 périodes) diffèrent complètement de ceux au tantale, et leur texture est tout à fait analogue à celle des filaments de wolfram obtenus par compression : L'influence simultanée de la température et des oscillations a pour résultat une cristallisation en plus grandes particules, que dans le cas du courant continu ; on peut donc en con-

clure, ce que du reste l'expérience a confirmé, qu'ils sont plus solides que ceux du tantale et plus résistants au choc.

F. L.

Télégraphie sans fil dans les chemins de fer. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 avril.) — Le chemin de fer de Lackwanna a installé dans les stations de Scranton (Pennsylvanie) et de Binghampton (New-York) des postes de télégraphie sans fil d'une portée de 100 km, et muni les trains qui circulent entre ces stations d'appareils récepteurs, de sorte que le personnel de ces derniers peut recevoir des ordres pendant la marche. On a l'intention d'étendre le service à l'envoi de télégrammes aux voyageurs et à la communication à ces derniers de nouvelles importantes; si cet essai réussit, la compagnie munira ses diverses lignes de postes de télégraphie sans fil.

F. L.

Accident dû à la haute tension. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 14 avril.) — L'ingénieur en chef d'une entreprise qui construit une ligne aérienne dans les environs de Leipzig, avait eu l'idée de la mettre sous tension la nuit, pour empêcher les vols de cuivre; malheureusement, on oublia, de couper le courant un matin, de sorte qu'un peintre, qui avait grimpé à un poteau pour travailler, toucha les fils, fut projeté à terre et mourut à la suite des blessures qu'il s'était faites dans sa chute.

Le directeur des travaux a été condamné pour ce fait, à 6 mois de prison par le tribunal de Leipzig.

F. L.

Maladie professionnelle des radiotélégraphistes (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 avril.) — Les radiotélégraphistes sont sujets à l'anémie; le nombre des globules rouges du sang, ainsi que leur teneur en hémoglobine diminue. Cette maladie a certainemement diverses causes, en premier lieu les conditions défectueuses d'établissement des postes, principalement à bord des navires. Il est également probable que la forte ozonisation de l'air, par suite de l'emploi de courants alternatifs à haute fréquence, pour l'envoi des signaux, joue un rôle important. On avait déjà constaté des maladies analogues, pâleur, maux de tête, pertes d'appétit, mauvaises digestions chez des ouvriers électriciens, employés dans les installations à hautes tensions des usines du Niagara.

L'avenir nous apprendra si les ondes électriques ont une action physiologique ou même pathologique. Un médecin; viennois, le Dr Beer, a remarqué la production de lueurs subjectives lorsque l'on approche la tête d'un électro-aimant puissant. Danilewski a constaté des contractions des muscles d'une grenouille placée à proximité d'une dynamo puissante; cet auteur a également observé que, si le muscle d'une grenouille se contracte sous l'influence d'oscillations électriques auxquelles des hommes isolés servent de conducteurs, elles cessent dès que ceux-ci se mettent à la terre.

Un ingénieur électricien américain nommé Collins a fait des expériences sur un chat endormi, et a prétendu que sous l'influence d'ondes électriques celui-ci sautait en l'air, comme si un courant alternatif l'avait parcouru. Collins conclut même que des ondes électriques puissantes donnent lieu à des accidents « caractéristiques » pouvant même entraîner la mort. On n'a cependant fait jusqu'ici aucune constatation absolument sûre.

F. L.

Influence de la lune sur la télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 avril.) — D'après des observations faites par M. A.-M. Curtis à la station de télégraphie sans fil de Amazonas (Brésil), la lune paraît comme le soleil avoir une influence sur la transmission des signaux de télégraphie sans fil. M. Curtis a constaté que, la nuit, de 5 à 15 minutes après le lever de la lune, l'intensité des ondes reçues diminuaient rapidement d'un trentième environ, qu'elle augmentait ensuite lentement et prenait une valeur un peu inférieure à celle qu'elle avait avant le lever de la lune, ou intensité normale, diminuait alors brusquement jusqu'à la même valeur minimum atteinte auparavant et recommençait à croître pour atteindre une valeur peu inférieure à la normale.

Les ondes conservent cette intensité jusqu'à ce que la lune soit levée depuis quelques minutes à la station qui les émet (quand celle-ci est située à l'est), puis l'intensité augmente peu à peu, et reprend la valeur normale ou même une valeur un peu supérieure. Entre les deux minima, il s'écoule à peu près 9,5 minutes.

Curtis a constaté que les intervalles de temps et les diminutions relatives de l'intensité étaient à peu près les mêmes, quand la station d'Amazonas recevait des ondes de celle de Yquida (distante de 1400 km), de celle de Manoas (600 km), de celle de Trinitad (1000 km), et de la station à bord d'un navire placé au delà de Trinitad.

M. H. Eccles fait observer, dans *The Electrician*, que les nuits où Curtis a fait ses observations, le lever de la lune coïncide à peu près avec le coucher du soleil.

F. L.

La 21e assemblée générale de la Société électrotechnique allemande. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 24 avril.) — La Société électrotechnique allemande tiendra sa 21e assemblée générale à Breslau du 17 au 21 juin; on y discutera les avantages économiques de la traction électrique des grandes lignes de chemin de fer, ainsi que les rapports de diverses commissions nommées pour établir des prescriptions relatives à divers cas d'installations électriques, M. S. Ruppel de Francfort traitera de la question des parafoudres, M. le Docteur Ingénieur Weidig et M. l'ingénieur diplômé Jaensch parleront des lignes aériennes à haute tension, et M. B. Monasch des sources lumineuses modernes.

Le 21 juin, les membres de la Société visiteront le barrage de retenue des eaux de la vallée de Mauer, le plus grand d'Allemagne.

F. L.

Lampes à arc et lampes à incandescence. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 27 mars). — M. le professeur A. Rossel, examine la question du remplacement des lampes à arc par des lampes à incandescence à filament métallique de grande intensité lumineuse.

On a souvent prôné l'éclat des lampes à arc, mais c'est au contraire un inconvénient au point de vue hygiénique.

On a demandé leur avis à 29 wattmen de tramways sur l'éclairage de 2 voies de même longueur, réalisé dans l'une au moyen de lampes à arc de 10 A et dans l'autre par des lampes à filament métallique de 500 bougies; 25 des wattmen ont répondu qu'ils préféraient l'éclairage à incandescence, avec lequel on est moins ébloui, de sorte que l'on a moins de chance d'accident.

Au point de vue des frais d'exploitation, la lampe à incandescence intensive Osram, qui a une durée de 1200 heures et consomme 0,8 watt par bougie Hefner, est préférable à certaines lampes à arc. Ainsi que le prouvent des rapports divers (usines électriques de Berlin, usines bernoises), la lampe à incandescence est plus économique que les arcs, avec lesquels on emploie des charbons ordinaires, à l'exception de certaines lampes à arc spéciales à courant continu de grande intensité.

Quand on compare l'éclairage à incandescence avec celui par lampes à arc à flammes, il faut tenir compte du fait que, par suite de l'emploi d'un plus grand nombre de lampes, on arrive souvent à un éclairement égal, en employant un total de bougies moindre, dans le cas d'éclairage par incandescence.

F. L.

Statistique des accidents dus au pétrole, au gaz d'éclairage

et à l'électricité en Allemagne en 1912. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 avril.) — Comme toutes les années, l'organe de la Société des Électrotechniciens allemands publie cette intéressante statistique officielle, qui est du reste toujours à l'avantage de l'emploi de l'électricité.

Il y a eu en tout 1081 accidents, dont 224 (y compris 10 suicides) pour le pétrole, 674 (y compris 508 suicides) pour le gaz et 185 (y compris 4 suicides) pour l'électricité.

1° Causes des accidents.

a. *Pétrole.*

Explosions de lampes	55
Allumage de feux avec du pétrole	26
Renversement ou chutes de lampes	46
Maniement sans précaution de lampes	28
Explosions de bidons de pétrole	20
Remplissage de lampes allumées	12
Chute avec la lampe	6
Enfants jouant	1
Causes inconnues	17
Total	211
Suicides	13
	224

b. *Gaz d'éclairage.*

Travaux à des conduites à l'extérieur	3
Robinets pour l'éclairage laissés ouverts	45
Robinets pour la cuisine laissés ouverts	11
Tuyaux souples défectueux ou tombés	22
Tuyaux ordinaires défectueux ou rompus	34
Conduite non étanche	90
Éclairage des canalisations	18
Négligence	66
Démarrage de moteurs	3
Causes inconnues	74
Total	366
Suicides	308
	674

Sur les 366 accidents en dehors des tentatives de suicide, 188 sont dus à des explosions, 178 à des empoisonnements.

c. *Électricité.*

Court-circuits	51
Contact avec des canalisations	37
Imprudences	66
Chute de conducteurs	5
Ascension de poteaux de canalisations	2
Causes inconnues	18
Total	179
Suicides	4
	183

2° Conséquences des accidents :

a. *Pétrole.*

48 des accidents ont occasionné des dégâts matériels peu importants et 64 des dégâts importants.

Sur 144 personnes blessées, 6 l'ont été légèrement, 74 grièvement et 64 ont été tuées. Pour 13 tentatives de suicide, il y a eu 8 morts.

b. *Gaz d'éclairage.*

48 des accidents ont causé des dégâts matériels peu importants.

Sur 261 personnes n'appartenant pas au personnel des usines à gaz, 55 ont été légèrement blessés, 113 grièvement et 93 ont été tuées.

Sur 65 employés des usines à gaz, 17 ont été blessés légèrement, 46 grièvement et 2 ont été tués.

Pour 308 tentatives de suicides, il y a eu 181 morts.

c. *Électricité.*

Dans 16 cas, il y a eu des dégâts matériels peu importants et dans 21 les dégâts ont été considérables.

Sur 105 personnes privées, 12 ont été blessées légèrement, 34 grièvement et 59 ont été tuées.

Dans le personnel, il y a eu 2 cas de blessures légères, 23 cas de blessures graves et 50 morts.

Lors des 4 tentatives de suicide, une personne privée s'est blessée, une autre s'est tuée et 2 agents se sont tués.

F. L.

Explosion d'une turbo-dynamo. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 10 avril.) — Un grave accident s'est produit dans la soirée du 8 mars, à l'usine d'électricité d'Essen, appartenant à la Société rhénane westphalienne. Peu après 11 heures une turbine à vapeur Zoelly, couplée à une dynamo (dont le rotor était muni de pôles saillants) de 5000 kw pour cos $\varphi = 0,8$ et une tension de 5250 v tournant à une vitesse de 1000 t : min. commença à fonctionner irrégulièrement. Elle faisait par instants entendre un ronflement singulier, qui cessait presque aussitôt, sa charge diminuait et augmentait brusquement. On décida immédiatement de l'arrêter, ce qui pouvait se faire sans inconvénient, car ordinairement à ce moment on arrête un des groupes. La charge fut diminuée progressivement en agissant sur le régulateur et l'interrupteur principal fut ouvert quand celle-ci était descendue à 900 kw. La dynamo avait une tension normale, après sa mise hors circuit. Pendant que l'on tournait pour fermer la vanne principale, la dynamo entière explosa avec un grand bruit.

Les diverses parties de la machine furent projetées dans toutes les directions et firent beaucoup de dégâts, tant dans l'usine qu'aux environs. Un morceau du stator pesant plusieurs tonnes, traversa le mur de la salle des machines, roula sur la chaussée, courba des rails de tramways et vint s'abattre contre le mur d'une auberge située de l'autre côté de la rue.

Par bonheur il n'arriva aucun accident de personnes.

5 des pièces polaires pesant environ 900 kg ont traversé le toit, tandis que les 7 autres ont été retrouvées en divers endroits de la salle des machines. Un des pôles avait été projeté par-dessus les maisons situées de l'autre côté de la rue, avait démoli l'angle d'une de celles-ci et s'était enfoncé profondément dans la terre. Deux autres ont été projetés à plus de 100 mètres.

Le sol de la salle des machines était couvert de débris ; à part une dynamo de 5000 kw, placée près de la machine ayant fait explosion, qui se mit à brûler, aucune des autres machines n'a été gravement endommagée.

L'usine ainsi que les bâtiments voisins ont beaucoup souffert.

Les pompiers de la ville, aidés par le personnel de l'usine et celui d'une mine voisine ont arrêté promptement tout commencement d'incendie.

Grâce à la présence d'esprit du personnel, le courant n'a pas été interrompu plus de 5 minutes ; on n'a pas encore pu établir les causes de l'accident et il est très probable que l'on ne pourra jamais les déterminer bien exactement. F. L.

Radiographie cinématographique. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 27 mars). — M. Dessauer est parvenu à obtenir des rayons Roentgen d'une telle intensité, qu'ils permettent de prendre 6 radiophotographies à la seconde, de sorte que l'on peut avoir des films cinématographiques des mouvements du cœur, de la déglutition, etc...

Un appareil désigné sous le nom d'éclair (*Blitzapparat*) par Dessauer permet d'obtenir en un quatre-centième de seconde, un courant d'une intensité de 250 A et immédiatement après une cartouche faisant explosion, il est interrompu avec une telle rapidité, qu'il s'annule en un laps de temps ne dépassant guère un millième de seconde. On obtient ainsi, dans la bobine secondaire, des courants dont l'intensité atteint 400 milliampères et avec de tels courants les rayons X sont si puissants que les photographies sont très nettes. F. L.

L'électrification des chemins de fer allemands. (*La Houille blanche*, du mois de mars.) — Les chemins de fer bavarois, badois et prussiens ont décidé d'adopter, pour la traction électrique, le système monophasé à haute tension et basse fréquence, à la suite des bons résultats obtenus dans les essais d'électrification réalisés sur le chemin de fer suburbain Blankenese-Ohlsdorf, sur la section Dessau-Bitterfeld (26 km) de la ligne Magdebourg, Leipzig, Halle.

Pendant les deux premières années, le service électrique est seulement parvenu à couvrir ses frais sur le chemin de fer Blankenese-Ohlsdorf, électrifié en 1907, surtout par le fait que différentes parties de l'installation durent être entièrement remplacées et que le personnel des ateliers de réparations n'avait pas encore suffisamment d'expérience pour effectuer les travaux nécessaires. On obtint, pendant la troisième année d'exercice, un bénéfice d'environ 1,5 pour 100 du capital engagé et, pendant la quatrième année, le bénéfice atteignit environ 3,5 pour 100. Sur la section Dessau-Bitterfeld, exploitée électriquement depuis le 1er janvier 1911, il n'est guère possible d'apprécier dès maintenant les résultats commerciaux que l'on peut espérer, mais on a fait une constatation présentant une grande importance technique, car les collecteurs, au sujet desquels on manifestait quelque méfiance se sont très bien comportés. Les locomotives ont effectué des parcours de 30 000 et 40 000 km sans que les collecteurs aient exigé la moindre réparation; ce fait écarte une des critiques les plus sérieuses soulevées contre le système monophasé. Aussi l'Etat prussien a-t-il l'intention d'introduire le même système sur le réseau suburbain de Berlin en électrifiant 405 km de double voie, 27 km de voie unique et 126 km de voies auxiliaires. On évalue la dépense correspondante à 153,7 millions de francs au total, dont 91,25 millions seront affectés au matériel roulant et 62,5 millions de francs à la canalisation aérienne et autres parties de l'installation.

Pendant les heures du trafic le plus intense, les trains se composeront de 13 voitures, et de 8 à 5 voitures pendant les heures peu chargées. La section principale du réseau suburbain comprend la ligne de la Stadtbahn (Métropolitain), de 13,5 km de développement. On y fera circuler aux moments d'encombrement 32 trains électriques par heure dans les deux sens, et on pourra même y élever le nombre de ces trains à 40 par heure.

On croit que l'on pourra inaugurer le service électrique sur ce réseau au cours de l'année 1916 et on espère réaliser ainsi une économie annuelle de 7,5 millions de francs environ sur les dépenses occasionnées par le service actuel à vapeur.

Il est probable en outre que l'électrification de la ligne, Magdebourg-Leipzig (154 km) et de la ligne Lauban-Konigszelt en Silésie (129 km plus 145 km d'embranchement) sera un fait accompli en 1914.

F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Auch (Gers). — *Concession nouvelle.* — La Compagnie du gaz vient d'être nommée concessionnaire de l'éclairage électrique.

Auxerre (Yonne). — *Station centrale.* — M. Goignet, concessionnaire du projet de construction des chemins de fer électriques de l'Yonne, vient d'adresser au Conseil général les propositions suivantes :

La construction d'une usine hydraulico-électrique au-dessous du hameau « les Granges » avec canal de fuite se jetant dans la rivière Le Cousin, un peu en aval de l'usine d'amiante.

La constitution éventuelle d'une accumulation de 6 millions de mètres cubes par l'aménagement des étangs suivants : des Haies, Chailloux, Morin, Saint-Aignan, de Vannoise et de Beauvilliers.

La construction d'un canal d'amenée s'alimentant dans ce réservoir et susceptible d'un débit de 4 mètres cubes à la seconde, avec pente de 0,0005 par mètre, d'une longueur approximative de 8 kilomètres.

Bourdeilles (Dordogne). — *Éclairage.* — MM. Mitaud et Veyry sont chargés d'installer l'éclairage électrique à Bourdeilles.

Bourg (Ain). — *Station centrale.* — Le Conseil général donne avis favorable à la demande présentée par M. Vuillermoz en vue d'être autorisé à dériver de la rivière de l'Ain à Port-d'Ain, le débit nécessaire à la mise en jeu d'une usine hydraulico-électrique à établir sur le territoire de Priay, sous condition, sur la proposition de M. Messimy, que la rivière conservera un débit de 7 mètres cubes d'eau par seconde en été et la moitié de ce volume du 15 octobre au 15 avril.

Cahors (Lot). — *Station centrale.* — Le Conseil général a voté un crédit pour étudier le projet de déviation de la Cère en vue de la production de l'énergie électrique.

Fécamp (Seine-Inférieure). — *Concession nouvelle.* — Nous apprenons que Mme Alexandre Legros, propriétaire de l'usine électrique de Fécamp, a été nommée concessionnaire de l'éclairage électrique.

Charolles (Saône-et-Loire). — *Concession de l'éclairage.* — La Compagnie du gaz la Provinciale va probablement être nommée concessionnaire de l'éclairage électrique. C'est la Compagnie de La Grosne qui fournira le courant.

Chalamont (Ain). — *Éclairage.* — La municipalité a décidé de se mettre en rapport avec l'Union électrique pour l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Foix (Ariège). — *Eclairage.* — A défaut du consentement de la Société la Pyrénéenne pour l'installation de l'éclairage électrique, le Conseil municipal a décidé de faire appel aux concessionnaires éventuels avant de recourir à l'adjudication.

Issy-les-Moulineaux (Seine). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a adopté : 1° le projet d'avenant au traité avec la Société Ouest-Lumière, tel qu'il résulte du rapport établi par M. Lacroix, pour la distribution d'énergie électrique pour l'éclairage; 2° le projet de traité sans aucun monopole avec la Compagnie électrique du Secteur de la Rive gauche pour la distribution d'énergie électrique pour tous usages autres que l'éclairage.

Marlieux (Ain). — La municipalité a ratifié l'accord intervenu entre le maire et la Société l'Union électrique pour l'installation de l'éclairage électrique et d'une distribution d'énergie électrique dans cette commune.

Saint-Denis (Seine). — *Distribution d'énergie électrique.* — Le Conseil municipal été appelé à examiner le projet de concession à passer entre la ville et la Compagnie électrique du Secteur de la Rive gauche pour la distribution publique d'énergie électrique.

LES MOTEURS SYNCHRONES
A DÉMARRAGE SOUS CHARGE
ET A ACCROCHAGE AUTOMATIQUE

On sait que les moteurs synchrones présentent sur les moteurs d'induction deux avantages marqués :

1° Ils n'ont pas besoin d'emprunter au réseau leur courant magnétisant :

2° Ils peuvent et même *doivent* être pourvus d'un entrefer plus grand que ceux en usage sur les moteurs d'induction.

Par contre, ils offrent des inconvénients importants, notamment celui de marcher à une vitesse absolument fixe et de démarrer difficilement. Enfin la nécessité d'avoir recours à une excitation à courant continu ainsi que le réglage de cette excitation rendent ce moteur peu pratique pour les industries où un matériel simple est de rigueur.

Il en résulte que le choix d'un moteur synchrone reste subordonné à une foule de conditions qui en font abandonner l'emploi dans bien des cas. C'est ainsi, par exemple, qu'il sera absolument inutile de rechercher l'utilisation d'un moteur synchrone de 25 kilowatts sur un réseau un peu important dont il ne pourrait à lui tout seul relever le facteur de puissance que de quelques centièmes. Par contre, les moteurs synchrones pourront devenir intéressants si on peut en répartir un grand nombre, même de petite puissance, l'ensemble contribuant à améliorer le facteur de puissance du réseau. Il faudra pour cela qu'ils ne soient pas trop chers ni d'un maniement trop compliqué ; on ne voit pas très bien, en effet, un moteur du genre classique actuel confié à un ouvrier boulanger ou à un charron avec mission de régler l'excitation en observant le phasemètre en vue de maintenir $\cos \varphi = 1$.

Rappelons que l'on a beaucoup conseillé d'installer sur les grands réseaux des moteurs synchrones surexcités travaillant *à vide* et dont le rôle serait d'améliorer le facteur de puissance général. Il ne faut pas trop s'illusionner cependant sur la beauté du système.

Prenons par exemple une charge de 1000 kw avec un facteur de puissance de 0,707, nous voulons amener le facteur de puissance à 0,8 et nous installons un moteur synchrone capable de donner en tant que condensateur synchrone 250 kv-A avec $\cos \varphi = 0$.

Les pertes propres de cette machine s'élèveront à peu près à 25 kw.

L'addition du condensateur synchrone introduit donc 2,5 pour 100 de pertes et on peut se demander si cette perte sera compensée par la réduction du courant dans les câbles, lignes et générateurs par suite de l'amélioration du facteur de puissance que le moteur procurera.

Tout autre est le cas où les moteurs synchrones sont utilisés pour *remplacer* des moteurs asynchrones. Prenons sur ce même réseau un moteur asynchrone de 250 kilowatts déjà installé fonctionnant avec un $\cos \varphi = 0,707$ et remplaçons-le par un moteur synchrone de 250 kilowatts dont l'excitation sera réglée pour marcher avec $\cos \varphi = 1$. Nous pourrons ainsi réduire le courant réactif et obtenir une charge résultante avec un facteur de puissance 0,8 sans toucher au rendement. Il en résulte qu'un moteur synchrone de 250 kilowatts ($\cos \varphi = 1$) est pour la même vitesse meilleur marché d'emploi qu'un condensateur synchrone de 250 kv-A ($\cos \varphi = 0$).

Il sera donc préférable de remplacer le plus possible de moteurs asynchrones par des moteurs synchrones marchant avec $\cos \varphi = 1$ plutôt que de laisser ces moteurs asynchrones et d'installer de place en place des moteurs synchrones fonctionnant comme condensateurs. Il faudra, pour que la substitution soit réalisable pratiquement, que l'on obtienne des moteurs démarrant sous charge et s'accrochant aisément ensuite, de façon à être mis à la portée du plus modeste employé. C'est à la réalisation de ce problème que s'est attaché M. Rosenberg dans plusieurs solutions qu'il vient d'indiquer à l'*Institution of Electrical Engineers*, solutions que nous signalerons, étant donnée leur importance.

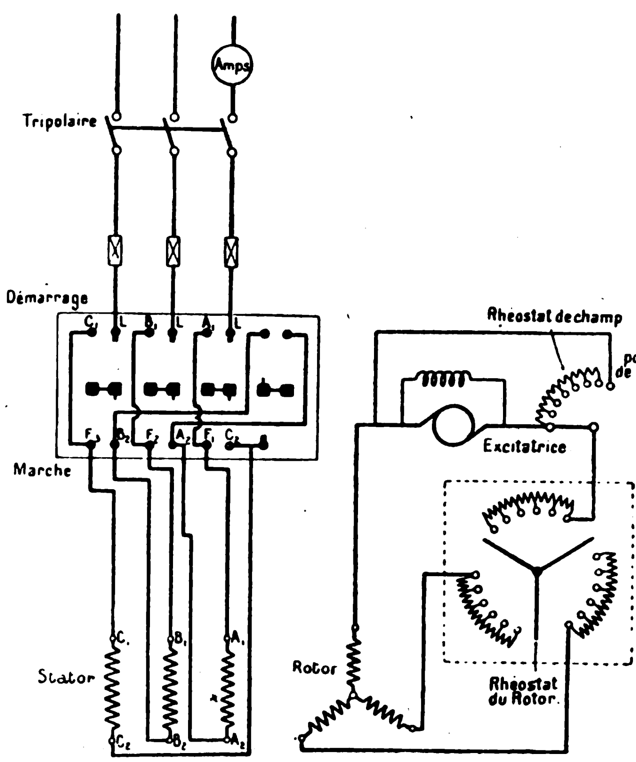


Fig. 1. — Moteur synchrone à démarrant sous charge.

1° *Moteur d'induction modifié.* — On peut, avec un

moteur d'induction ordinaire à rotor bobiné constituer un excellent moteur synchrone, on a ainsi l'avantage de démarrer en asynchrone et, une fois près du synchronisme, d'accrocher le moteur qui devient synchrone [1].

Le schéma du dispositif est clairement indiqué dans la figure 1 ci-dessus :

Le stator du moteur est relié au réseau par l'intermédiaire d'un interrupteur tripolaire et de plombs fusibles, Un combinateur, dont nous verrons plus loin la raison d'être, permet de monter le stator en étoile ou en triangle. Jusque-là rien de bien particulier; mais où les choses changent, c'est dans le montage du rotor. Ce dernier est bien bobiné en étoile comme les rotors de ce genre, mais une excitatrice peut à un moment donné lui envoyer du courant continu en provoquant l'accrochage et la marche au synchronisme; pour cela deux extrémités de l'enroulement du rotor communiquent au rhéostat tripolaire habituel, les troisièmes bornes du rotor et du rhéostat sont reliées par l'excitatrice.

Le démarrage s'opère de la façon suivante : le stator ayant ses bobines montées en étoile, on le relie au réseau; l'excitatrice est mise en court-circuit par le rhéostat qui l'accompagne; le moteur démarre en asynchrone en développant un couple assez important, puisque le rotor est fermé sur des résistances. Quand il a pris sa vitesse, on diminue progressivement les résistances de démarrage, tandis qu'on agit sur le rhéostat de l'excitatrice; du courant continu circule alors dans le rotor, entrant dans une des branches de l'étoile et se subdivisant entre les deux autres pour revenir par le rhéostat tripolaire à l'excitatrice. Le rotor, étant « polarisé », s'accroche et le moteur devient synchrone.

Le combinateur permettant de changer le couplage des enroulements du stator est nécessaire, parce que, dans ce moteur à double rôle, on doit ménager un entrefer plus grand que dans les moteurs asynchrones ordinaires; on évite ainsi, avec un couplage approprié, un afflux de courant trop considérable au démarrage.

Ce montage simple peut, sans grandes modifications, s'adapter à un moteur asynchrone ordinaire; il en a les avantages sans en avoir les inconvénients; son démarrage facile et sous charge permettra de l'employer partout où des moteurs synchrones ordinaires ne pourraient être utilisés. On voit donc que, grâce à ce montage, les inconvénients des moteurs synchrones disparaissent et que leur emploi peut être recommandé.

2° *Commutatrices.* — Signalons, dans le même ordre d'idées, un procédé de démarrage des commutatrices dû également à M. Rosenberg. Nous prendrons le cas d'une distribution à courant alternatif simple, mais le procédé reste le même avec des courants polyphasés, seul le schéma est un peu plus compliqué.

Sur l'arbre de la commutatrice (fig. 2) est monté un moteur-série à collecteur que l'on intercale dans le circuit des bagues de la commutatrice, et un interrupteur permettant de mettre le moteur-série en court-circuit une fois le démarrage obtenu.

Le fonctionnement se devine. Le courant à haute tension aboutit à un transformateur abaisseur qui envoie du courant à la commutatrice à travers le moteur-série lorsqu'il est alimenté par le réseau. Le moteur-série limite le courant à une valeur bien inférieure au courant normal tout en développant un couple suffisant pour entraîner l'induit de la commutatrice. (Il suffit pratique-

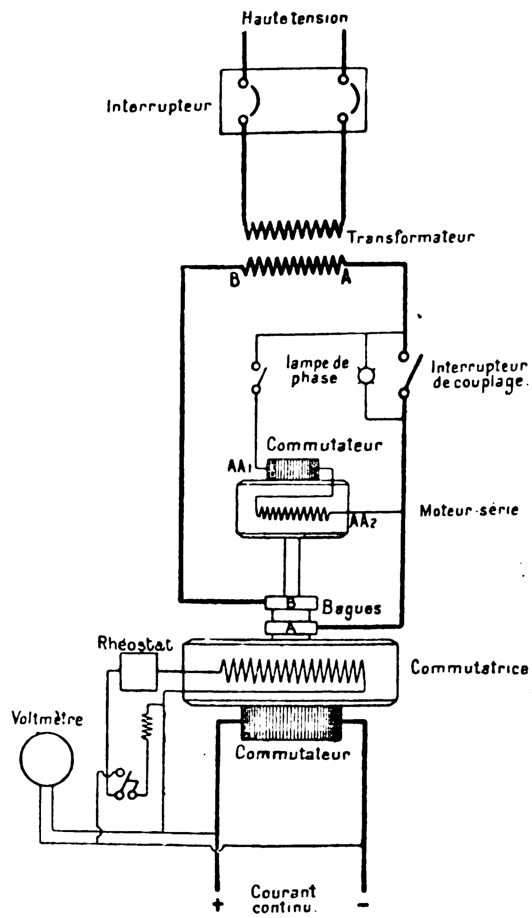


Fig. 2. — Commutatrice.

ment d'une valeur de l'intensité représentant 30 pour 100 de l'intensité normale.)

Ce courant n'est pas assez intense pour détruire le magnétisme rémanent de la commutatrice, en sorte que cette dernière s'excite et prend à ses balais une polarité constante, chose précieuse pour l'exploitant.

Au voisinage du synchronisme l'aiguille du voltmètre se met à battre violemment, en même temps que la lampe de phase branchée sur l'interrupteur du moteur-série; puis au synchronisme on voit l'aiguille du voltmètre devenir fixe. On ferme à ce moment l'interrupteur mettant le moteur en court-circuit de façon à accrocher la commutatrice; le moteur peut alors être retiré du circuit.

Des essais effectués avec ce procédé de démarrage sur des commutatrices de 200 à 1000 kw ont montré qu'il suffisait de 30 à 50 secondes pour obtenir l'accrochage sans

[1] *The Electrician* du 11 avril 1915.

jamais n'avoir besoin que d'une fraction du courant normal. Ce montage paraît assez pratique ; en tous cas il est nettement supérieur à l'ancien procédé de démarrage qui faisait fonctionner la commutatrice en moteur asynchrone : à part le courant considérable qu'il fallait lui envoyer, on risquait de faire rompre l'isolant des bobines inductrices, que l'on sectionnait déjà par mesure de précaution.

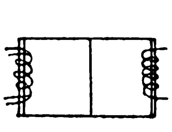
Ces montages montrent bien avec quelle facilité on peut aujourd'hui utiliser les moteurs synchrones, soit pour produire la force motrice, soit pour transformer le courant. Si leur emploi se répand, ce qu'il nous est permis d'espérer, on pourra remplacer une grande quantité de moteurs asynchrones sur les réseaux triphasés si nombreux aujourd'hui. Que ce soit pour la commande des machines-outils ou pour actionner des groupes moteurs-dynamos, on évitera de faire travailler les lignes et les distributions avec des facteurs de puissance le plus souvent déplorables. C'est sur ce point que nous avons voulu appeler l'attention, et il en vaut la peine, car il correspond à une économie notable du capital engagé.

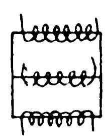
A. Soulier.

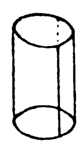
LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(suite) (1)

2° *Transformateurs polyphasés.* — Lorsque l'on a à réaliser un transformateur diphasé ou triphasé, on peut se contenter de prendre plusieurs transformateurs simples, mais on peut faire une économie de matière et de pertes en réunissant ensemble les circuits magnétiques.


Fig. 83.


Fig. 84.


Fig. 85.

On obtient ainsi pour le diphasé la disposition de la fig. 83, mais le bénéfice n'est pas grand, et l'on risque, si certains joints ne sont pas très bien faits, de changer les phases par action mutuelle des deux transformateurs.

Pour le triphasé on adopte, soit la disposition (fig. 84), des trois noyaux dans un même plan, qui est peu recommandable pour la même raison. La disposition de la fig. 85 est bien préférable. Il convient de noter que, pour le calcul du courant magnétisant, chaque bobine n'a à fournir que les ampères-tours correspondant à sa colonne, plus une partie de ceux afférents aux culasses.

2° Transformateurs du nombre de phases. — On peut avoir à transformer du diphasé en triphasé ou vice-versa. Plusieurs dispositions peuvent être employées à cet effet.

Dispositif Scott. — Nos lecteurs connaissent ce dispositif; il consiste à employer deux transformateurs (fig. 86) ayant, par exemple, des primaires identiques branchés sur le diphasé.

Le transformateur 2 doit donner au secondaire une tension égale à $\frac{\sqrt{3}}{2}$ de celle donnée par le transformateur 1 ; le secondaire de 2 est branché au milieu du secondaire de 1. Les tensions en A et C et entre B et C sont égales à

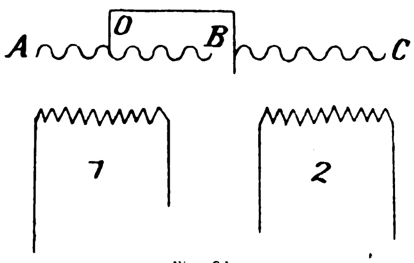


Fig. 86

celles entre A et B ; ces trois tensions sont de plus à 120°. Il semble ainsi que les deux transformateurs n'aient pas la même charge, puisque le nombre de spires du secondaire de 2 doit être plus petit que celui du secondaire de 1 ; mais ce n'est là qu'une apparence, car, dans le secondaire de 1, les courants dans AO et dans OB sont décalés de 60° et par conséquent les ampères-tours secondaires résultants sont plus petits que la somme arithmétique des ampères-tours de OA et de OB ; néanmoins, si l'on admet les mêmes densités de courant dans les deux appareils, le transformateur 1 contient plus de cuivre que le transformateur 2.

Les courants débités au secondaire peuvent être partiellement en quadrature, mais il est nécessaire, pour que le fonctionnement ne soit pas modifié, que les trois phases soient également chargées, ce qui limite l'emploi de ce dispositif.

Dispositif en anneau. — Avec ce dispositif, si les fuites ne sont pas très grandes, la dissymétrie dans les charges n'a pas la même importance. Il consiste (fig. 87) dans l'emploi de tôles possédant des trous sur une circonférence moyenne. Ces trous reçoivent deux enroulements, l'un à n phases, l'autre à n' phases, ce qui constitue une solution d'ordre plus général que celle de Scott. Ces deux enroulements peuvent être en tambour, A, ou en Gramme, B.

Notons, en passant que, pour un enroulement triphasé, il faut éviter d'employer la disposition classique d'un

(1) Conférences de M. Boucherot. Voy. *L'Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov. 1912, p. 485 ; n° 502 du 25 nov., p. 514 ; n° 504 du 25 déc., p. 555 ; n° 505 du 10 janvier 1913, p. 9 ; n° 506 du 25 janvier 1913, p. 28 ; n° 508 du 25 février 1913, p. 83, n° 510 du 25 mars 1913, p. 128 ; n° 511 du 10 avril 1913, p. 151 et du n° 513 10 mai 1913, p. 240.

enroulement continu sur un anneau avec trois prises de courant en trois points à 120°; cette disposition est loin de donner un flux tournant de valeur constante : des spires témoins placées en différents endroits donnent des forces électro-motrices très différentes suivant leur posi-

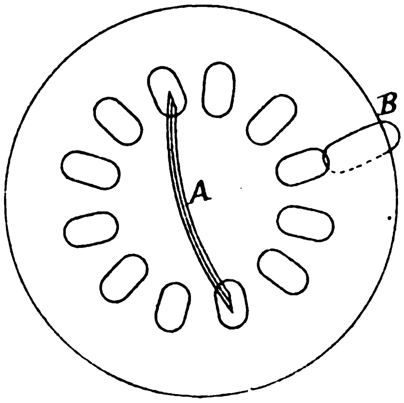


Fig. 87.

tion. Il faut, en réalité, adopter dans ce cas 6 bobines (fig. 88), 1, 2, 3, 4, 5, 6, couplées deux par deux en série ou en quantité, 1 avec 4, 2 avec 5, 3 avec 6, l'en-

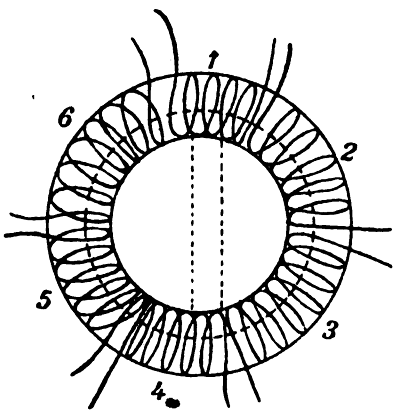


Fig. 88.

semble étant couplé à volonté, en étoile ou en triangle.

C'est pour une raison analogue que les commutatrices triphasées ne donnent que des résultats médiocres, et que l'on a été conduit généralement à l'adoption de six phases.

3° Transformateurs de phases. — Ayant n forces électromotrices décalées de $1/n$ de période, on peut se proposer d'en obtenir n autres décalées encore de $1/n$ de période mais dont la *phase par rapport aux premières, soit variable à volonté.*

Ce résultat peut être obtenu de deux façons :

1° En constituant un ensemble tel que celui (fig. 71) dont nous avons déjà parlé à propos de la self-inductance variable [1], c'est-à-dire une partie fixe formée de tôles percées de trous, recevant, par exemple, trois enroulements triphasés primaires, et une partie mobile mais non destinée à tourner continuellement, identique à la partie fixe. Les enroulements primaires sont branchés sur la source dont on dispose, les enroulements secondaires fournissent les courants décalés par l'intermédiaire de câbles souples.

On conçoit qu'en déplaçant la partie mobile autour de son axe, on change la phase des courants secondaires. Lorsque la bobine secondaire B se trouve exactement en face de la bobine primaire A, la phase des forces électromotrices secondaires est la même que celle des forces électromotrices primaires; lorsque partant de cette position, on tourne la partie mobile de 180°, pour 2 pôles, les forces électromotrices secondaires sont décalées de π sur les forces électromotrices primaires.

2° Si l'on place dans un alternofluxeur, tel que celui (fig. 87) décrit précédemment au sujet des transformateurs de diphasé en triphasé, un enroulement continu genre Gramme, aboutissant à un commutateur analogue à un collecteur de dynamo (fig. 89). Si on relie trois points de l'enroulement à une source en triphasé, on peut re-

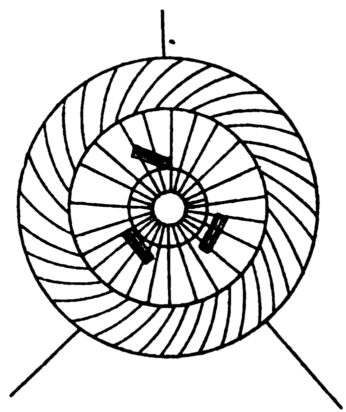


Fig. 89.

cueillir entre trois balais placés à 120° sur le collecteur, trois courants également triphasés et dont la phase sera variable à volonté par décalage des balais.

Le calcul complet de ces deux genres d'appareils, ainsi que de ceux du paragraphe précédent, se comprendra mieux lorsque nous aurons vu de près le calcul détaillé des moteurs à champ tournant. Notons seulement pour aujourd'hui : en premier lieu, que la denture dans ces dispositions peut être le siège d'une induction maxima bien plus grande que dans les parties internes et externes; en second lieu, que, eu égard aux fuites, à égalité de nombre de spires primaires et secondaires, les forces électromotrices secondaires sont sensiblement plus petites que les forces électromotrices primaires; alors que, dans un transformateur ordinaire bien établi, les chutes de tension résultant des fuites n'atteignent pas 1 pour 100, elles atteignent facilement 10 pour 100 avec les dispositifs en question.

4° Survolteurs. — Ayant une distribution à courant alternatif simple à 100 v, on peut porter cette tension

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 515 du 10 mai 1913, p. 211.

à une valeur plus élevée, 120 v par exemple, sans faire passer la totalité de l'énergie dans un transformateur. Soit 12000 w, la puissance que l'on veut avoir sous une tension de 120 v; il suffit de prendre un transformateur de 2000 w (primaire pour 100 v, secondaire pour 20 v), de relier le primaire en dérivation sur la distribution, et le secondaire en série (fig. 90), pour obtenir le résultat désiré.

Mais la nouvelle tension ainsi obtenue est en rapport constant avec celle de la source dont on dispose; on peut

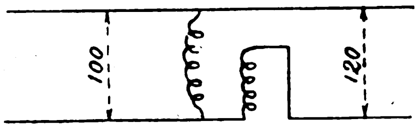


Fig. 90.

se proposer, au contraire, de survolter d'une quantité variable, soit avec le débit, soit avec toute autre cause.

On a évidemment la ressource de faire varier le nombre de spires primaires ou secondaires dudit transformateur, mais cette façon de faire est peu facilement réalisable.

Il est préférable de prendre un transformateur de phase,

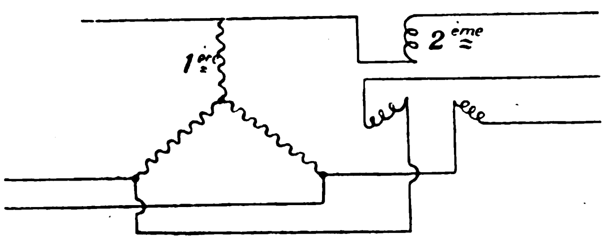


Fig. 91.

à primaire et secondaire indépendants, de relier (fig. 91) le primaire en dérivation sur la source et le secondaire en série, pour obtenir une tension variable à volonté par déplacement angulaire de la partie mobile.

La tension obtenue étant en effet la somme géométrique de deux tensions constantes, mais de différence de phase variable, peut varier entre des limites extrêmes qui sont la somme et la différence de ces deux tensions.

Alternateurs. — On emploie à l'heure actuelle, dans l'industrie, deux catégories d'alternateurs : les alternateurs à pôles alternés ou hétéropolaires, dans lesquels le flux traversant les bobines induites change de sens; et les alternateurs à flux ondulé ou homopolaires, dans lesquels le flux traversant les bobines induites ne change pas de sens.

A priori, un alternateur à pôles alternés est plus avantageux à réaliser qu'un alternateur homopolaire, puisque, avec un même flux maximum, on peut obtenir une force électromotrice au moins deux fois plus grande. Mais, cet avantage n'est pas si grand qu'il semble au premier abord, car, de son côté, la réaction d'induit (contre ampères-tours démagnétisants) n'est que moitié pour un même nombre de spires et un même courant passant dans ces spires dans une machine homopolaire. — Mais il est une cause pour laquelle les alternateurs homopolaires sont, en général, inférieurs aux alternateurs hétéropolaires : les fuites d'un alternateur homopolaire sont, en général, très considérables. Si nous nous reportons à ce que nous avons dit au sujet des bobines de self-inductance à circuit magnétique ouvert, c'est-à-dire, si nous nous rappelons que, dans une bobine à circuit ouvert de 50 à 60 mm de longueur, la réluctance de l'air à travers lequel se ferment les lignes de force, est seulement équivalente à celle d'un tube d'air de même section que le noyau, et de 8 à 10 mm de longueur,

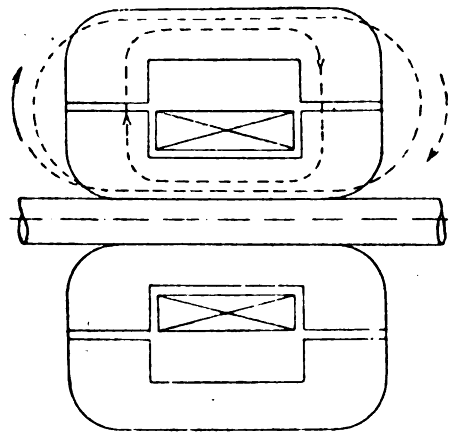


Fig. 92.

nous constaterons immédiatement (fig. 92) que le flux total, dans un alternateur homopolaire, se compose de flux utile, lequel doit franchir deux entrefers de plusieurs millimètres chacun, et du flux passant tout autour de la machine. Dès que chacun des entrefers dépasse 5 mm d'épaisseur, par conséquent, le flux de fuite est de même ordre de grandeur que le flux utile. C'est principalement dans les machines de grandes dimensions que l'on est conduit, de par les exigences de construction et par la considération des chutes de tension, à adopter de grands entrefers. Les machines homopolaires sont donc à rejeter pour les grandes puissances; en fait, ceux qui en ont réalisé de telles ont éprouvé de grands déboires. A égalité de puissance, un gros alternateur homopolaire peut peser 50 à 60 pour 100 de plus qu'un alternateur à pôles alternés. Pour les petites puissances et les grandes vitesses, au contraire, il peut y avoir intérêt à adopter les machines homopolaires qui pèsent toujours un peu plus que les autres, mais, dans lesquelles, la main-d'œuvre est moins considérable, et qui ont, entre autres, cet avantage de n'avoir ni bagues, ni balais. Cet avantage est de minime importance dans les fortes stations centrales où un personnel spécial et compétent est chargé de la conduite des alternateurs; mais il a, au contraire, sa valeur chez un particulier ayant un petit transport d'énergie et qui doit, autant que possible, être dispensé de surveillance et de soucis.

(*A suivre.*)

LES BALAIS DANS LES MACHINES ÉLECTRIQUES

Un balai sur une machine électrique a deux fonctions distinctes. Il sert à donner passage au courant allant au collecteur ou aux bagues, c'est-à-dire de la partie fixe à la partie tournante, ou inversement ; dans les machines à courant alternatif à bagues, c'est d'ailleurs l'unique fonction; mais dans les machines à courant continu ou les moteurs alternatifs à collecteur, il sert en même temps pour prévenir les effets destructeurs de la mise en court-circuit d'une ou plusieurs bobines de l'induit par les balais et deuxièmement à supprimer les étincelles au moment de la rupture de ce court-circuit.

Des raisons qui militent en faveur de l'emploi des balais en charbon. — Les balais en charbon ont divers avantages et pratiquement ils ont remplacé les balais métalliques dans toutes les machines à collecteur. Les balais métalliques ont une résistance de contact excessivement faible et, à moins que la machine ne comporte leur réglage automatique au point neutre avec les variations de charge, le courant dans les bobines mises en court-circuit peut atteindre une intensité telle que l'étincelle de rupture consécutive est très destructive.

Ce dispositif a cependant été utilisé dans certains cas mais ce n'est là qu'un pis-aller, et pour des moteurs de traction il serait inapplicable. La conductibilité relativement élevée et la résistance de contact importante du carbone résout cette difficulté en limitant le courant de court-circuit de la bobine et en évitant les pertes de chaleur excessives qui, autrement, en résulteraient.

De plus le fait de la diminution de l'intensité du courant amène la réduction des étincelles, et s'il devient tel que la chute de tension puisse descendre au-dessous d'une certaine valeur critique, l'étincelle sera entièrement supprimée.

Cette valeur a été trouvée de 4 volts pour les conditions courantes auxquelles sont soumis les moteurs de traction et l'emploi de balais en charbon du type usuel. Le fait que le charbon ne peut être soumis au régime d'un arc aussi aisément que le serait un métal est encore en faveur de son utilisation. D'autres s'y ajoutent : c'est ainsi que le charbon ne brûle qu'aux angles soumis à une haute température; ses qualités ne sont en rien affectées, tout au moins jusqu'au point d'ignition. Il ne produit pas d'usure sensible sur le collecteur, alors que les balais métalliques en produisent, tout au moins dans la plupart des cas. Enfin la durée d'un balai en charbon est de beaucoup supérieure à celle d'un balai métallique.

Résultat des étincelles. — L'une des plus grosses sources de difficultés, dans le fonctionnement du collecteur et des balais est la production d'étincelles. La chaleur intense dégagée au point où se produit l'étincelle brûle le cuivre et produit un enduit noir d'oxyde de cuivre sur la surface du collecteur. Cette oxydation a des conséquences plus désastreuses encore. La surface du collecteur, noire et rugueuse, augmente considérablement la résistance de contact des balais et les pertes du moteur, l'usure des balais devient alors considérable. L'action destructive des étincelles sur le cuivre des sections du collecteur augmente plus vite que celle du mica qui les sépare et ces feuillets ne tardent pas à dépasser la surface de contact. Ce mica provoque des ruptures nombreuses du circuit, les balais vibrent avec un bruit exagéré, les étincelles sont augmentées en nombre et en intensité, à un moment donné le contact du métal et du balai étant rompu d'une façon continue, le courant ne passe plus que grâce à un arc permanent entre eux. A ce moment un court-circuit total est inévitable avec toutes ses déplorables conséquences.

Les méplats sont une autre cause d'ennui et proviennent plus ou moins directement des étincelles, quoiqu'ils puissent parfois aussi provenir de cuivre trop mou ou de mica trop dur; ils se produisent également pour une intensité trop grande de courant sous un brusque démarrage, ou avec un couple trop important demandé au moteur de traction, si les freins ne sont pas entièrement desserrés.

Collecteur sale, mica dépassant et méplats sont des ennuis connexes ; lorsque l'un d'eux apparaît et que l'on n'y porte pas remède, les autres ne tardent pas à se montrer. Ils sont d'ailleurs causes d'importants dommages au collecteur, et si l'on ne s'arrange pour les faire disparaître, il devient de toute nécessité de retourner fréquemment celui-ci. Le coût de ce travail et la durée minime du collecteur deviennent alors absolument prohibitifs. De plus les pertes, par chaleur, provoquées par tous ces troubles sont très importantes et limiteront la production du moteur, ou provoqueront un échauffement excessif des machines avec les conséquences déplorables que l'on sait.

Commutateurs à intervalles d'air et balais en matières abrasives. — Deux remèdes ont été apportés à l'état de choses que nous venons de décrire. Nous voulons parler du rainurage du collecteur pour créer des espaces d'air entre lames et l'emploi de balais ayant des propriétés abrasives. Le balai abrasif a l'avantage de maintenir le mica par usure au même niveau et même plus bas que la surface du cuivre et le collecteur conserve une apparence polie, propre, facilitant le contact avec le balai. Il y a cependant une objection, c'est l'impossibilité de trouver un balai exactement abrasif, pour polir le cuivre et détruire le mica juste comme il est nécessaire pour éviter l'oxydation. S'il n'est pas assez abrasif, on retombe dans l'ensemble des défauts précédemment signalés ; s'il l'est trop, l'usure du collecteur devient par trop importante. Il existe cependant certains moteurs dont le régime ou les conditions de construction se trouvent si défectueux que l'on est obligé d'utiliser ce moyen, faute de mieux.

On a traité avec abondance de détails, autrefois, dans la presse technique, l'emploi de collecteurs à espaces d'air et les méthodes à employer pour obtenir ce résultat : nous n'y reviendrons donc pas ici. Le rainurage des collecteurs n'empêche pas l'oxydation du cuivre par la chaleur dégagée par les étincelles, mais il en évite les suites puisque le dépôt tend à s'enlever aussitôt qu'il est formé. Sans aucun doute, ce procédé, utilisé avec discernement, doit donner de bons résultats. L'on n'emploiera jamais les balais en matière abrasive en ce cas, la surface du cuivre serait en effet rapidement amenée au niveau des micas et nécessiterait un nouveau rabotage de ces derniers. Nous ne pouvons non plus recommander l'emploi de produits de graissage avec ces balais, car ils tendraient rapidement à combler les intervalles entre lames et à provoquer des courts-circuits et des étincelles. On rejettera de même les balais trop tendres et incapables d'empêcher le collecteur de s'encrasser, quoique dans ce cas le trouble apporté serait moins important que celui susceptible d'avoir lieu avec un collecteur ordinaire. Ce dont on a besoin, c'est d'un balai non abrasif, de dureté suffisante pour maintenir le collecteur propre avec une surface brillante. Avec des balais convenables le fonctionnement sera assuré sans usure du collecteur, pratiquement, et sans avoir des méplats, du noircissement, du mica dépassant et des étincelles. Il y a cependant certains cas où ces collecteurs ne donnent pas de bons résultats.

Une compagnie de tramways procéda au rainurage des collecteurs de ses moteurs, mais n'obtint que de mauvais résultats, car l'huile du graissage pénétrait dans la carcasse des moteurs et de là se rendait aux balais et au collecteur.

La propreté, qui est toujours un facteur important, devient indispensable dans le cas des commutateurs à micas rabotés. Si l'huile et la poussière pénètrent dans le moteur, les intervalles d'air du collecteur se bouchent et il en résulte des courts-circuits. Il est bon, à chaque visite des moteurs, de chasser toute poussière ou tout dépôt au moyen d'un jet d'air comprimé.

De la distinction entre la dureté et les propriétés abrasives. — Il nous semble nécessaire de préciser, dans ces conditions, la différence qui caractérise la dureté et les propriétés abrasives, ces deux termes prêtant à confusion dans certaines études sur les balais. La dureté d'un balai dépend de la dureté des particules dont il est composé et aussi des qualités d'adhésivité de la matière qui les relie ensemble, tandis que les propriétés abrasives sont celles qui ont rapport aux facultés de coupe ou de polissage de ces particules. En fait, un balai tendre peut user un collecteur plus vite qu'un dur contenant la même proportion de matières abrasives, parce que ses particules sont plus rapidement mises à nu et en action pour le balai tendre qu'elles ne le sont pour le balai dur. D'un autre côté un balai dur conservera au collecteur une surface polie et brillante par son frottement et supprimera même les irrégularités, mais en dehors de cette propriété il ne produira pratiquement pas d'usure.

De l'emploi de balais non abrasifs sur des collecteurs ordinaires. — Nous avons indiqué précédemment que les conditions de commutation, lorsqu'il y a des étincelles, sont si défectueuses, que le rabotage du mica du collecteur devient une précaution insuffisante et que l'on doit, d'une façon permanente, procéder au polissage de la surface au moyen de balais contenant des substances abrasives. D'un autre côté, il faut reconnaître que, dans les moteurs modernes, la commutation a été si parfaitement étudiée, que l'emploi de l'un ou l'autre des dispositifs indiqués n'est pas utile, et ceci est particulièrement exact dans les moteurs à pôles auxiliaires. En général et simplement par précaution supplémentaire, les constructeurs procèdent au rainurage du collecteur lors de la livraison.

Vibrations. — L'on a surmonté, comme nous venons de l'indiquer, les difficultés créées dans le fonctionnement, par les étincelles ; mais avec l'emploi des grandes vitesses dans la traction, maintenant une difficulté au moins aussi importante s'est rencontrée. C'est la vibration des balais. Il est probable que celle-ci se produit généralement par le manque de lubrification. Si l'on promène en effet un doigt mouillé sur une glace, son mouvement produira une série de sauts rapides, une action similaire se produit lorsqu'un balai, à qualités lubrifiantes insuffisantes, repose sur un collecteur tournant à grande vitesse.

Une autre cause de production des vibrations pour les balais réside dans les irrégularités que peut présenter le collecteur, notamment les méplats, lorsqu'il tourne à grande vitesse. Dans la traction, une voie mauvaise, des croisements et de mauvais joints peuvent également être cause de sauts des balais. Toutes ces causes ne font d'ailleurs qu'augmenter d'importance avec la vitesse et donnent lieu à de grosses difficultés lorsque cette vitesse périphérique devient élevée.

Une des conséquences des vibrations, pour les balais, c'est leur bris ou la détérioration rapide en petits éclats. Des perfectionnements ont été récemment apportés qui ont introduit sur le marché des balais pouvant beaucoup mieux résister à ces causes de détérioration, mais avec le temps elles arrivent à produire leur effet quand même et les balais sont brisés, à moins que l'on ne puisse supprimer la cause première des troubles de fonctionnement. Le fait de la rupture du contact entre le balai et le collecteur produit naturellement des étincelles importantes qui provoquent à leur tour les graves inconvénients que nous avons signalés précédemment.

On peut éviter les vibrations par l'entretien du commutateur, c'est-à-dire la suppression des méplats et des micas en surélévation, le maintien en leur place de toutes les parties du moteur, spécialement des balais et des porte-balais, le réglage de la tension convenable aux balais, et le choix judicieux du charbon à qualités lubré-

fiantes convenables pour obtenir un fonctionnement irréprochable sur le collecteur aux plus hautes vitesses atteintes.

Des économies faites par l'usage des balais de première qualité. — Les défectuosités de fonctionnement des collecteurs et des balais deviennent rapidement importantes, et, si on ne les corrige pas, elles représentent la plus grande part des frais subis pour l'entretien du matériel de traction. Les collecteurs sont des pièces coûteuses et, si les défauts que nous avons signalés ne sont pas corrigés, la rapidité de dépréciation du collecteur dépasse de beaucoup le coût des balais. Le chef d'un atelier de réparation estimait que, chaque fois qu'on lui amenait un des gros moteurs de son exploitation, dont le collecteur devait être retourné par suite de méplats, le coût de l'opération comprenant le travail fourni, le capital immobilisé, la diminution de dimension du collecteur montait à plus de 75 francs. Cette opération se renouvelait souvent, pratiquement tous les trois mois. En employant des balais convenables, ces méplats ont été éliminés et les collecteurs n'ont été retournés qu'après des accidents provoqués par des courts-circuits. 75 francs tous les trois mois dépasse de beaucoup le prix des balais utilisés pendant trois mois par moteur.

En fait le coût fut réduit dans ce cas particulier, malgré l'emploi de balais dont le prix était trois fois plus élevé que celui des précédents. La raison initiale devait être la vibration, et là où les balais se brisaient après un service variant entre un jour et un mois, on les utilise maintenant pendant des durées variant entre six et huit mois. Le présent exemple, pris sur le vif, démontre l'intérêt de choisir les balais convenables pour l'emploi, quel que soit le coût initial de ceux-ci.

Défauts du moteur et des balais. — Une certaine quantité d'ennuis causés par les balais peut provenir initialement de défauts du moteur auxquels il est facile de remédier. L'un de ceux que l'on rencontre fréquemment provient des fuites d'huile dans le moteur et de là par capillarité au collecteur, aux balais et aux porte-charbons, carbonisant le collecteur, lui donnant une surface noire et rugueuse, formant un cambouis aux balais si bien qu'ils adhèrent aux porte-charbons et ne sont plus appliqués suffisamment sur le collecteur. Il y aura lieu de porter attention sur ce point.

D'autres défauts, et non des moindres, se trouvent dans les porte-charbons ainsi qu'on pourra s'en rendre compte dans les figures 1, 2, 3.

La figure 1 correspond à un balai mal fixé.

Lorsque l'induit tourne, le balai est porté de la ligne neutre vers un point plus éloigné dans le sens de rotation. C'est un fait bien connu que l'on doit au contraire reporter les balais en arrière de la ligne pour conserver une position favorable à une bonne commutation au fur et à mesure de l'augmentation de la charge, le défaut signalé tend donc à rendre la commutation plus mauvaise, puisque le déplacement du balai se fait dans une direction opposée à celle qui serait nécessaire.

La figure 2 donne le cas d'un déplacement similaire dû à une cause différente, le guide du porte-balai n'est pas placé suivant un rayon du cercle de rotation. Les lignes pleines montrent la position normale du balai sur un commutateur d'un diamètre donné, les lignes pointillées montrent le déplacement du balai lorsqu'il a été réglé pour un commutateur de plus faible diamètre. Lorsque le porte-balai est usé, l'emploi d'un charbon trop petit ou trop gros est cause de résultats défectueux et d'ennuis. Il

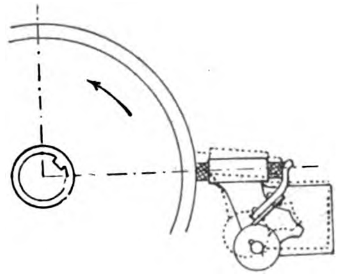


Fig. 1. — Déplacement d'un balai dû au desserrage du porte-balai.

se produit un déplacement par rapport à la ligne neutre, comme dans le cas d'un porte-balai desserré, ce qui augmente les étincelles; et en plus le charbon est sujet à une usure et un bris considérables, surtout lorsque le moteur

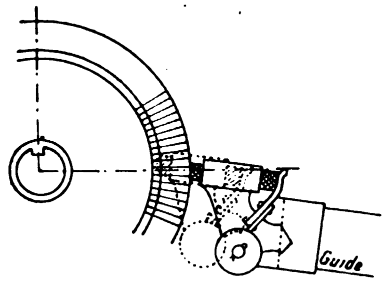


Fig. 2. — Effet produit quand le porte-balai ne suit pas le rayon.

tourne dans un sens, puis dans l'autre. Le résultat peut être vu dans la figure 3. Le minimum du jeu admissible pour qu'un charbon puisse cependant glisser dépend du guidage.

Dans les conditions ordinaires un jeu de 1/10 de millimètre est suffisant et l'on peut même le réduire si l'on a soin de maintenir dans le plus grand état de propreté le charbon et la gaine où il passe. Un charbon trop étroit diminue la surface du contact et augmente l'échauffement du moteur.

Le cuivrage des balais est défectueux pour les moteurs de traction et fait souvent plus de mal que de bien, car il est rapidement usé et le charbon est mal tenu par le porte-balai. Dans certains cas même, et particulièrement avec les balais en graphite, la lame de cuivre se soulève, et coince le balai dans son guide. Le cuivrage est généralement fait jusqu'à 6 millimètres de la surface portante du balai; quand celui-ci est usé suffisamment, le cuivre vient au contact du collecteur et les étincelles le trans-

fórme en particules fondues globulaires, celles-ci le souderont en quelque sorte au porte-balai empêchant sa descente et son bon contact.

La figure 4 donne l'indication d'une autre erreur de montage que l'on rencontre fréquemment. Elle consiste dans l'emploi d'un balai de taille plus grande qu'il n'est utile ou de ressorts à forme défectueuse, dont le résultat est une pression qui s'applique par côté du charbon au lieu d'agir sur le sommet. Le balai dans ces conditions,

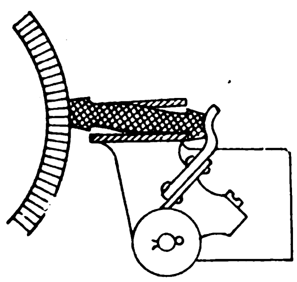


Fig. 3. — Effet d'un porte-balai trop large pour le charbon utilisé des deux côtés.

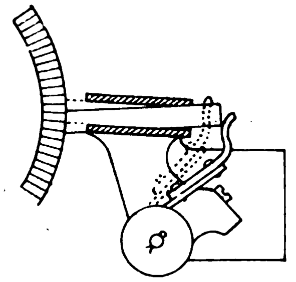


Fig. 4. — Effet d'un balai trop long ou d'un ressort trop court.

porte mal; et le cran formé empêche la possibilité de son bon contact avec le collecteur. Celui-ci s'encrasse, il y a production d'étincelles et de courts-circuits.

Le chemin suivi par la tige de pression d'un porte-balai se développe en spirale et non circulairement, il est réalisé pour que la pression soit exercée au centre de la partie supérieure du charbon pendant tout son parcours, de façon à ne pouvoir jamais s'appliquer sur le bord quand il est très usé. La longueur exacte de charbon à employer est une simple affaire d'études.

Le porte-balai doit en tous cas être distant du collecteur de 6 à 8 mm, pour éviter de donner un jeu trop considérable et augmenter les risques de bris.

Il n'y a pas de règle en ce qui concerne le nombre de lames du collecteur sur lequel le charbon d'un balai pose; dans la plupart des cas on le trouve sur deux ou trois, mais cela dépend essentiellement des conditions de construction du moteur.

On apportera la plus grande attention en ce qui concerne la tension des ressorts de porte-balais: si elle est insuffisante, les charbons vibreront même sous les charges courantes en service, et le collecteur ne pourra rester propre. Si elle est trop forte, il en résultera une usure excessive du collecteur et des balais, et les pertes par frottement seront élevées. Pour chaque exploitation il y aura lieu d'ailleurs d'étudier le meilleur réglage et le maintenir après expérience. Aucune valeur théorique ne peut d'ailleurs être fournie, puisqu'elle dépend pour la plus grande partie des conditions de fonctionnement, actuellement l'on compte de 0,3 à 1 kg par cm². Cette tension peut-être aisément mesurée au moyen d'un petit dynamomètre tel que l'on en trouve dans certaines usines. Parfois une qualité spéciale du balai se trouvera agir pour corriger les défauts d'un moteur, le choix en sera ainsi guidé; mais nous estimons que cette façon de procéder est mauvaise, car l'on sacrifie souvent pour une qualité déterminée d'autres nécessités, et le résultat ne peut jamais en définitive se trouver économique.

La meilleure méthode est: 1° de remédier tout d'abord aux défauts de la machine, puis, de choisir un charbon qui réponde le mieux à ses conditions de fonctionnement. C'est la meilleure façon d'obtenir la plus forte économie.

Densité de courant. — Il nous semble nécessaire maintenant de présenter ici la discussion au sujet de l'intensité de courant admissible, car il y a souvent à ce propos des erreurs de compréhension assez importantes. L'intensité de courant que supporte un conducteur électrique est le courant maximum susceptible, pour une température déterminée, d'être utilisé. En ce qui concerne un balai, cette densité est sujette aux influences diverses de la résistance spécifique et de la résistance du contact, du coefficient de section et de la conductibilité thermique du balai lui-même. Aussi l'on doit envisager la conductibilité thermique du balai, des parties à son contact et les conditions de ventilation de la machine. On s'aperçoit immédiatement que les chiffres donnés doivent avoir une valeur relative et qu'ils peuvent différer sur la même machine pour deux balais différents. On leur donne deux valeurs différentes, suivant que l'on s'occupe d'un moteur de traction ou d'un moteur fixe. La première est plus élevée, car on peut estimer que l'emploi de températures plus importantes peut être admis dans ce cas. Ces valeurs représentent la densité de courant admissible pour une température donnée, température que la machine est capable de supporter. Elle est, bien entendu, sujette à variations suivant la construction et l'utilisation du moteur.

Comment il faut choisir un balai pour pouvoir fonctionner dans des conditions normales. — Le choix d'un balai pour un service donné demande une analyse très complète des conditions de fonctionnement ainsi que l'estimation de la valeur relative très exacte. Il n'est pas toujours possible d'obtenir un balai qui répond par son caractère aux conditions diverses que l'on rencontre de façon à donner entière satisfaction. Dans des cas semblables on doit décider celles qui paraissent les plus importantes et l'on fait son choix en conséquence; puis pour les conditions qui restent non remplies on fait son possible pour arriver à les remplir. Cette façon de faire nécessite une telle connaissance et une telle expérience que la manière la plus satisfaisante de réussir est une suite d'essais au moyen d'une série de balais disposés de telle sorte qu'ils répondent aux conditions nécessaires. Ces essais sont faits en service, les résultats sélectés et le choix définitif fait d'après l'expérience que l'on a. Il est bien entendu que, lorsque l'on fait des essais dans ces conditions, il est nécessaire que tous les balais du moteur ou du générateur soient du même type que celui essayé. Les conditions de fonctionnement pourraient être en effet différentes s'il y avait un mélange entre les nou-

veaux charbons et d'autres qui n'ont pas les mêmes qualités et les mêmes résistances à l'usure.

Machines fixes. — Les générateurs, les convertisseurs rotatifs et les moteurs fixes semblent construits avec certains défauts dont le résultat est la production d'étincelles et de troubles successifs qui en sont la conséquence. Ces troubles sont souvent mis à tort à la charge des balais. Les principes de commutation sont les mêmes naturellement sur tous les moteurs, mais les balais, au lieu d'être fixés à une position centrale, sont souvent disposés pour avoir le minimum d'étincelles sous une charge donnée. Sur des machines bien construites, avec les balais choisis convenablement, aucune étincelle ne doit être visible. Dans les pires conditions elles ne seront en tous cas jamais importantes, et pour cette raison aussi bien que pour le coût élevé des collecteurs, l'emploi de balais à qualité abrasive ne sera jamais nécessaire pour ce genre de machines. Il est très rarement nécessaire de rainurer les collecteurs des machines fixes, mais dans quelques cas cependant il y a production d'étincelles et tendance à ce que les micas dépassent la surface du collecteur. La pratique de rainurer le mica sur ces collecteurs est à recommander. Il est d'ailleurs inutile de dépasser quelques dixièmes de millimètre pour cette opération, car la portée des balais sur ces collecteurs est très légère si les conditions de fonctionnement sont bien remplies. Dans le cas des gros générateurs et des convertisseurs rotatifs importants, la vitesse périphérique devient un facteur à considérer et les qualités lubrifiantes des balais employés doivent être bonnes, autrement des vibrations se produiront avec bruit et en même temps un certain dommage peut en résulter pour le collecteur. L'angle d'attaque du balai vis-à-vis du collecteur a une importance très grande en ce qui concerne la tendance aux vibrations. Si cet angle est opposé au sens de rotation, les vibrations ont plus de tendance à se produire que lorsque l'on met les balais inclinés dans le sens tout opposé; il arrive fréquemment que les difficultés rencontrées pour les collecteurs et le bruit qui est fait lors de la rotation peut être complètement supprimé, sans changer quoi que ce soit, par un renversement des balais dans le porte-balais de façon à ce qu'il soit plutôt dans une position en arrière du sens de rotation.

L'utilisation de substance lubrifiante sur le commutateur ne peut avoir de mauvais résultats si on l'utilise avec jugement et en quantité très modérée, de façon à ne pas se répandre sur les balais et les autres parties de la machine; cela facilite le fonctionnement tranquille et généralement augmente la résistance du contact entre les balais et le collecteur. S'il se produit une tendance à la formation d'étincelles, cette augmentation de résistance est un avantage, car dans le cas contraire il ne pourrait en résulter qu'un effet Joule plus prononcé. Si la lubrification est employée d'une façon trop importante, il est à peu près certain qu'elle produira sur les charbons des granulations et, pour cette raison, elle n'est pas à recommander. La plus grande propreté est toujours indispensable lorsqu'on se servira de machines électriques. Il est certain qu'une grande quantité d'ennuis causés par les balais et le collecteur seront évités si les machines sont entretenues et n'ont pas d'accumulation d'huile et de poussière; on aura soin chaque jour d'essuyer soigneusement toute trace d'huile, de matière graisseuse, qui tendraient à s'écouler à l'extérieur, et au moyen d'air comprimé sous une certaine pression on soufflera la poussière de la machine. Un nettoyage très soigné de l'ensemble des balais et de la machine est absolument indispensable lorsqu'on vient d'utiliser du papier de verre sur le collecteur. Si l'on ne prend pas cette précaution, de petits morceaux de cuivre se placeront sous les contacts des balais et causeront bientôt des trous; souvent même ils seront assez fermement fixés dans le charbon pour provoquer des rayures sur le collecteur.

Causes de mauvais fonctionnement. — Si les porte-balais ne sont pas espacés d'une façon égale sur le collecteur, il sera impossible de placer les charbons dans la meilleure position de commutation. Beaucoup de machines sont prévues de telle façon que l'on puisse faire un ajustement dans ces conditions; lorsque ce sera le cas, il y aura lieu de corriger ce défaut sans tarder.

Le champ trop faible des inducteurs est une autre source d'ennuis au point de vue de la commutation. Il en résulte souvent une distribution inégale du magnétisme et, par conséquent, une commutation mauvaise. Un point neutre de commutation très étroit ou un balai couvrant trop de barres du collecteur donneront pour la position nécessaire à une bonne commutation un espace limité qu'il sera difficile d'atteindre, et la machine en souffrira. Un certain nombre d'autres troubles sont à tort supposés provenir des balais, nous citerons le collecteur rugueux, les barres mal réglées, le fonctionnement des machines mal bobinées.

Conclusion. — Il est certain que la plupart des cas discutés ont une importance très grande seulement dans le cas des moteurs employés pour la traction. C'est certainement là que les conditions les plus dures d'exploitation se rencontrent et que les problèmes sont les plus difficiles à solutionner. Cependant les machines fixes sont sujettes aux mêmes lois fondamentales et beaucoup des leçons apprises à l'école sévère de l'exploitation de la traction peuvent être appliquées d'une façon intéressante sur les générateurs, les convertisseurs rotatifs et les moteurs fixes.

R. G.

***Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à* M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.**

***Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à* M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.**

LA MISE A LA TERRE

DES APPAREILS ÉLECTRIQUES

Il arrive encore que l'on hésite à adopter l'électricité pour certains usages à raison de prétendus dangers qu'elle présenterait; ces craintes paraissent parfois très justifiées. C'est ainsi que des accidents typiques qui se sont produits en ces derniers temps dans des installations électriques de diverses catégories ont montré que les tensions considérées ordinairement comme étant tout à fait inoffensives sont cependant susceptibles d'occasionner des électrocutions mortelles, et qu'il convient de se prémunir aussi complètement que possible contre leurs effets.

Il y a heureusement un moyen parfaitement sûr et économique d'arriver à ce résultat; c'est de généraliser la règle que l'on applique déjà habituellement dans les installations à haute tension et consistant à mettre en communication avec le sol toutes les parties des appareils électriques que les opérateurs peuvent toucher.

A la condition d'être convenablement observée, cette mesure est d'une efficacité parfaite; la plupart des accidents signalés auraient été évités si elle avait été observée convenablement; aussi prend-elle un intérêt pratique tel que des milieux techniques étudient actuellement la question de l'imposer strictement partout.

L'Association des Électrotechniciens allemands, notamment, a constitué une commission spéciale pour élucider les différents points qui s'y rapportent, et un spécialiste membre de cette dernière commission, anticipant sur les travaux de celle-ci et se basant sur des observations faites dans une région très industrielle de son pays, en recommande le respect absolu; dans deux mémoires étendus, il donne à ce propos un ensemble de règles qui nous paraissent mériter toute attention. Nous croyons bon de les signaler, parce qu'elles intéressent tout le monde; complétées par les données recueillies antérieurement, elles peuvent être coordonnées ainsi qu'il suit.

I. *Installations auxquelles la mise à la terre doit être appliquée.* — 1. La mise à la terre doit être appliquée d'une façon absolue à toutes les parties métalliques non actives des installations électriques dangereuses.

2. On doit à ce point de vue considérer comme dangereuses les installations où il est fait usage d'une tension de 250 volts ou plus.

3. Si les circonstances sont défavorables, il peut se faire qu'une tension moindre présente des dangers.

4. Il en est ainsi, par exemple, dans les installations qui sont exposées aux intempéries, à l'humidité, aux actions chimiques.

5. Des mesures spéciales doivent être prises aussi dans les constructions en métal, en béton armé, dans les installations métallurgiques, minières, etc., parce que le sol sur lequel se déplacent les opérateurs y fournit généralement une excellente terre, ainsi que pour les machines mobiles ou transportables.

6. On doit en dire autant des installations domestiques, dans les souterrains, laveries, cuisines, salles de bain, etc.

II. *Principes à observer pour que la mesure soit efficace.* — 7. Pour que la mesure soit efficace, il faut en premier lieu que les prises de terre soient bonnes et maintenues en parfait état.

8. Les liaisons entre les appareils et la prise de terre doivent être aussi peu résistantes que possible.

9. Une continuité électrique parfaite doit être maintenue entre toutes les parties métalliques non seulement des appareils proprement dits, mais aussi des plateformes, carcasses, supports, etc., sur lequel les appareils se trouvent.

10. La chute de tension entre deux points ne peut jamais être telle qu'elle produise des intensités de 0,02 A.

III. *Prises de terre.* — 11. Il faut autant que possible utiliser les prises de terre naturelles, canalisations d'eau, de gaz, de chauffage, etc., charpentes des constructions métalliques ou en béton armé, rails des installations de tramways utilisant les voies pour le retour.

12. Toutes ces terres doivent être connectées entre elles d'une façon permanente et stable.

13. Elles ne suffisent d'ailleurs que si elles existent simultanément.

14. Si elles ne sont pas présentes à plusieurs à la fois, il faut les compléter par des terres artificielles.

15. Celles-ci sont avantageusement constituées au moyen de vieux fers, rails, tôles, etc., enfouis dans le sol et rayonnant dans l'étendue de l'installation à protéger;

16. Les prises de terre artificielles doivent faire l'objet d'une surveillance attentive.

IV. *Connexions.* — 17. Les connexions se font généralement en cuivre nu; mais il est plus économique d'employer des rubans de fer bien étamés.

18. Les liaisons doivent être visibles sur tout le parcours.

19. Les points de jonction doivent être rivés, brasés ou soudés; la soudure autogène se recommande particulièrement.

20. La section des jonctions est déterminée par l'intensité maxima à prévoir.

21. Pour les appareils transportables, il faut faire usage de câbles alimentaires à gaine métallique mise très parfaitement à la terre; en outre les boîtes de prise de courant doivent être conditionnées de telle façon que la gaine protectrice soit reliée à la terre, dans la boîte, avant que le circuit principal s'établisse.

V. *Vérification des installations.* — 22. Pour les prises de terre, la meilleure vérification est une inspection attentive, constante.

23. Les essais électriques sont peu démonstratifs; dans la meilleure installation, la résistance des prises de terre est sujette à varier très rapidement suivant l'état d'humidité du sol.

24. Par contre, il est utile d'essayer périodiquement les liaisons.

25. Il existe, pour exécuter rapidement ces essais, de petits appareils d'un usage très facile. H. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 17 février 1913.

Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes, par M. Georges Meslin. — Au poste récepteur de T. S. F. que j'ai installé à Montpellier, j'ai eu l'occasion d'observer qu'en utilisant plusieurs antennes placées dans le voisinage les unes des autres et reliées à des appareils récepteurs, les conditions de réception par l'une d'elles sont notablement modifiées par le réglage des autres.

Dans un premier groupe d'expériences je dispose de deux antennes A et A', l'une et l'autre horizontales, A' étant installée à quelques mètres au-dessus de A et parallèlement à celle-ci. Elles ont à peu près la même longueur (70 m environ); mais A est formée de trois fils distants entre eux de 1 m, tandis que A', constituée par un seul fil, correspond à une longueur d'onde un peu moindre. L'antenne A est en relation avec un récepteur R (récepteur par dérivation simple, modèle Ducretet); l'antenne A' est en relation avec le primaire d'un récepteur par induction R'.

En général, l'antenne A' influe peu sur les conditions de réception par A, c'est-à-dire qu'il importe peu que A' soit isolée, ou reliée directement à la terre, ou reliée à celle-ci par la self de R', *pourvu toutefois que cette self n'ait pas précisément la valeur nécessaire pour établir la résonance, c'est-à-dire la meilleure réception en* R'. Si l'on réalise, en effet, cette condition, l'audition en R par l'antenne A diminue brusquement et tout déréglage de A' — R', soit par augmentation ou par diminution de self, soit par l'isolement de A' par rapport à R', améliore l'audition par A.

Ce résultat n'a d'ailleurs rien d'étonnant; on conçoit que, A' étant mise dans les conditions où elle reçoive et utilise l'énergie, A puisse alors en recevoir ou en utiliser une moindre quantité. *Mais la propriété en question ne subsiste pas en ce qui concerne l'action réciproque de A sur A'*, c'est-à-dire que le réglage de A — R pour les conditions de résonance n'amène pas un minimum d'audition en A'R' : en effet, en déréglant A par augmentation de self, on améliore l'audition par A', tandis qu'on l'affaiblit si l'on dérègle A par diminution de la self de R; on passe toutefois par un minimum, car l'isolement complet de A par séparation de A et de R produit une légère amélioration de l'audition par A'.

Il y a là, entre l'action de A — R sur A' — R', une dissymétrie qui ne tient pas d'ailleurs à la différence des appareils récepteurs R, R', car elle se maintient en permutant les communications, c'est-à-dire en A avec R' et A' avec R'. Elle se produit encore, comme je l'ai constaté, en mettant des détecteurs électrolytiques ou des détecteurs à cristaux, ces détecteurs pouvant être de nature différente et permutés d'une façon quelconque pour R et R'.

Cette dissymétrie peut donc être liée soit à la différence de dimensions des antennes, soit à leurs positions respectives. Et, ainsi que M. le commandant Ferrié a bien voulu me le suggérer, il y a intérêt à élucider ce point pour jeter quelque lumière sur les théories encore obscures relatives à la réception des ondes hertziennes. D'après certains physiciens, il y aurait deux propagations, l'une à travers l'éther de l'atmosphère, l'autre à travers l'éther du sol, d'où la possibilité d'interférences dans la production desquelles la position relative des antennes placées l'une au-dessus de l'autre jouerait un rôle important; pour d'autres, l'énergie utilisée dans chaque antenne proviendrait de l'énergie reçue et de l'énergie rayonnée, ce qui ferait intervenir, pour une même position relative des deux antennes, les dimensions respectives (capacité, self-induction) de chacune d'elles.

Pour approfondir ce point, j'ai permuté les deux antennes, mettant à la partie supérieure l'antenne A à trois fils et j'ai recommencé les déterminations indiquées plus haut. J'ai observé la même dissymétrie (1) qui ne semble donc pas liée à la position des antennes et qui peut se résumer de la façon suivante :

La réception par la petite antenne A' est améliorée lorsque l'antenne A est reliée à la self qui la règle à sa résonance ou à une self de valeur supérieure. Au contraire, l'audition de la grande antenne A est toujours diminuée si A' est réglée à sa résonance; elle est toujours améliorée par le déréglage de A', soit qu'on agisse sur la self d'antenne, soit qu'on modifie le secondaire du circuit de résonance.

Séance du 24 février 1913.

L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse, par M. Albert Turpain. — Continuant les recherches que je poursuis depuis quelques années sur l'inscription des signaux hertziens, j'ai réalisé deux types de galvanomètres très sensibles et de grand amortissement.

L'un me sert à inscrire photographiquement les signaux hertziens de l'heure à la manière que j'ai indiquée à

(1) Les actions signalées sur A sont même un peu plus intenses si l'antenne A est à la partie supérieure, auquel cas elle reçoit plus d'énergie.

l'Académie dans une Note récente (*Comptes rendus*, 10 février 1913); c'est un galvanomètre à corde qui rappelle les dispositifs de ce genre d'Eithoven et d'Edelmann, L'autre est un galvanomètre à cadre qui permet de mettre en mouvement un appareil Morse ordinaire. Je donnerais ici, concernant ces deux types d'appareils, quelques indications succinctes.

Galvanomètre à corde. — Le fil tendu dans un champ magnétique intense est du fil de 2μ de diamètre, fil à la Wollaston qui, argenté, présente un diamètre de 25/1000 de millimètre. On le décape de l'argent sur une longueur de 4 à 5 cm environ. Le fil est tendu dans le champ magnétique d'un puissant électro Weis, muni de pièces polaires coniques qui, rapprochées à 1 mm, réalisent un champ de 32 000 gauss. Le galvanomètre décèle un courant de 5×10^{-12} ampère, soit 1/20000 de microampère. Il m'a servi à inscrire les signaux de l'heure par la photographie et à y comparer au 1/100 de seconde près l'heure d'un chronomètre (*Comptes rendus*, 10 février 1913).

Galvanomètre à cadre. — Le fil conducteur, en cuivre isolé à la soie, mesure 5/100 et dans certains cadres 3/100 de millimètre de diamètre. Le cadre est sans support. A cet effet, l'enroulement est fait sur mandrin de bois recouvert de papier

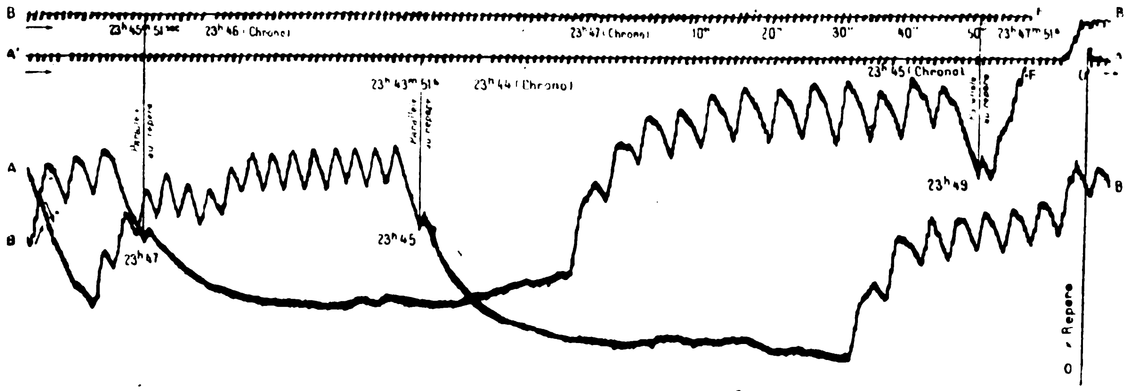


Fig. 1. — Détermination exacte de l'heure, pour l'étude de la marche d'un chronomètre par l'inscription des signaux radio-télégraphiques, (Courbes obtenues par M. Turpain, à Poitiers).

et en dernier lieu d'une feuille de papier pelure. Chaque couche de fil est passée au vernis à la gomme laque. L'enroulement muni du papier pelure est extrait du mandrin. Par une opération minutieuse, on décolle, au moyen d'un pinceau léger imbibé d'alcool, le papier pelure qui est retiré par fragments. L'enroulement du fil 5/100 ou 3/100 est dès lors aggloméré sans support. On frette chaque coin du cadre au moyen d'un fil d'aluminium de 5/100 de millimètre de diamètre présentant une petite boucle qui permettra la suspension bifilaire du cadre au moyen de fil de cocon de soie. Le cadre est muni,

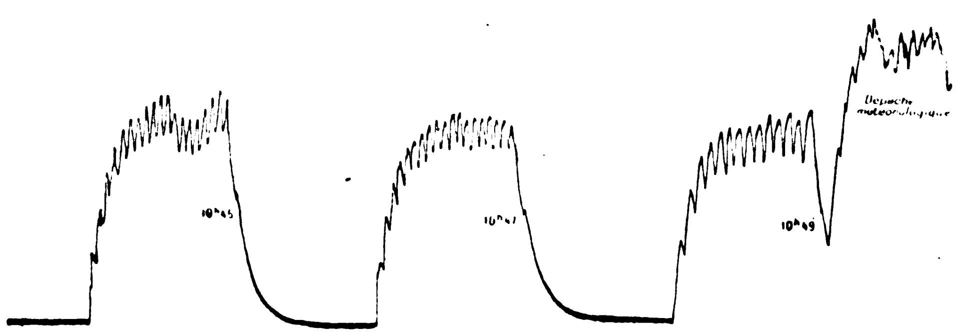


Fig. 2. — Fac-similé des courbes d'enregistrements des signaux de T. S. F. de la tour Eiffel, par M. Turpain, à Poitiers.

sur un de ses côtés, d'un miroir d'oscillographe (2 sur 1 mm). Les deux coins supérieurs reçoivent deux index en mince fil d'aluminium. L'un des index, de 5 cm de longueur, muni d'un fil de cuivre de 3/100 de millimètre de diamètre enroulé en spirale, permet de réaliser un contact de relais, à la vérité un peu précaire. L'autre index, de 1 cm seulement de longueur, agit par un fil de cocon sur un très léger levier d'aluminium, très mobile et qui accroit dans la proportion de 1/10 les déplacements du cadre. Ce dispositif de relais est bien constant. Ce levier d'aluminium agit, par ses déplacements, sur un relais très sensible (relais Claude ou relais Ducousso sensibles à des courants de 50μa). Ce dernier relais permet d'actionner un Morse ordinaire. On peut donc, grâce à l'équipage du cadre — et *par une cascade de deux relais de sensibilités décroissantes* — mettre en œuvre, par les signaux hertziens, un appareil Morse ordinaire.

Les galvanomètres à cadre que j'ai réalisés présentent une sensibilité de l'ordre du 5/1000 de microampère. Les équipages, tout frétés de leurs boucles de fil d'aluminium, de leur index et du miroir qui permet de les appliquer à l'inscription photographique, pèsent de 1,5 g à 2,5 g.

Les cadres que j'ai réalisés mesurent 72 sur 11 mm (dimensions intérieures). Ils ont une épaisseur de 2,5 mm ou de 5 mm. En fil de 3/100 on peut accumuler 400 tours (20 couches de 20 tours) ou même 1200 tours (30 couches de 40 tours), sans donner aux côtés du cadre une épaisseur supérieure à 2 ou 3 mm. On peut dès lors utiliser des entrefers de 2,5 à 3,25 mm, c'est-à-dire réaliser des

champs magnétiques voisins de 20000 à 23000 gauss.

En suspendant le cadre par un bifilaire en cocon de 7 cm de hauteur, tiré à 4 mm du cadre par deux haubans horizontaux en fil de cocon, on règle aisément le couple de torsion et l'on réalise un amortissement qui permet de suivre la transmission par signaux Morse.

Je poursuis à l'heure actuelle, au moyen de ces galvanomètres et de cette méthode d'une *cascade de deux relais de sensibilités décroissantes*, la construction de dispositifs pratiques qui permettent de remettre automatiquement à l'heure une pendule donnée au moyen d'un seul des signaux horaires de la Tour Eiffel. Les organes de la pendule déterminent *automatiquement* la mise en relation des dispositifs avec l'antenne seulement au moment de l'émission du signal de $10^h\,45^m$.

Séance du 3 mars 1913.

Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant sur réseau à potentiel constant ou en parallèle, par M. André Blondel. — La puissance intérieure de l'alternateur qui échange un courant efficace I, sous la tension efficace U et sous un décalage φ, avec le circuit extérieur [1], a pour expression, en appelant p les pertes par frottements, hystérésis et courants de Foucault : $P = UI\cos\varphi \pm rI^2 \pm p$. Le signe $+$ se rapporte au cas de la génératrice, et le signe $-$ au cas de la réceptrice. Le premier terme peut être calculé en multipliant deux à deux les composantes de la force électromotrice E_d et du courant I_d, dirigées suivant l'un des pôles, et que j'appellerai, pour simplifier, composantes *directes*, puis les composantes dirigées suivant l'axe perpendiculaire, E_t et I_t, que j'appellerai *transversales*. D'où, en désignant par ψ le décalage de I par rapport à l'axe des pôles,

$$UI\cos\varphi = E_d I_d + E_t I_t = E_d I\cos\psi + E_t I\sin\psi.$$

Lorsque l'alternateur est soumis à des oscillations de vitesse, propres ou forcées très petites, les variations des termes rI^2 et p sont des infiniment petits du second ordre; on peut donc ramener le calcul de la variation dP sensiblement à celui de la variation du premier terme de P.

Or, tandis que le courant *utile* I et son décalage φ ne changent pas pendant les oscillations, tout décalage de l'induit en avant d'un angle $d\psi$ produit deux effets :

1° Il modifie les composantes directe et transversale du courant I par rapport à l'axe polaire; la composante directe $I\cos\psi$ subit une variation

$$d\,(I\cos\psi) = -I\sin\psi\, d\psi;$$

la composante transversale $I\sin\psi$ subit de même une variation $I\cos\psi\, d\psi$;

2° Il fait tourner les composantes E_d et E_t de la force électromotrice du même angle $d\psi$. La rotation de la force électromotrice directe E_d équivaut à l'introduction d'une force électromotrice transversale $e_t = E_d \,.\, d\psi$.

La force électromotrice transversale E_t induite par le courant direct subit une variation

$$e_d = \frac{dE}{d\psi}\, d\psi = -\omega L_t I \sin\psi\, d\psi$$

et produit en outre, par son déplacement angulaire $d\psi$ une force contre-électromotrice directe

$$-E_t\, d\psi = -\omega L_t I\cos\psi\, d\psi.$$

Pour que la tension aux bornes U reste la même, il faut que ces forces électromotrices supplémentaires introduites par le décalage soient compensées par des courants supplémentaires prenant naissance dans l'induit; ces courants $\left(\text{en retard de } \frac{\pi}{2}\right)$ se calculent en divisant chacune d'elles par l'impédance correspondante, ou (comme la résistance est négligeable) par la réactance correspondante de même nom, que j'appelle respectivement ωL_t et ωL_d. On a ainsi un courant supplémentaire direct total

$$i_d = \frac{E_d d\psi}{\omega L_t} - I\sin\psi\, d\psi$$

et un courant supplémentaire transversal total

$$i_t = -\frac{\omega L_t I\cos\psi\, d\psi}{\omega L_d} I + \cos\psi\, d\psi.$$

En multipliant chaque courant supplémentaire par la force électromotrice de même phase, on obtient la variation totale de puissance

$$dP = E_d i_d + E_t i_t = E_d\, d\psi \left(\frac{E_d}{\omega L_t} - I\sin\psi\right) - \frac{\omega L}{\omega L_d}(\omega L_t - \omega L_d)\, I^2 \cos^2\psi\, d\psi.$$

Si l'on introduit la force électromotrice joubertique définie dans ma communication précédente et dont l'expression $E_j = E_d + \omega L_t I\sin\psi$, on obtient l'expression équivalente :

$$\frac{dP}{d\psi} = (E_j - \omega L_t I\sin\psi)\frac{E_j}{\omega L_t} - \frac{L_t}{L_d}\omega L_t - \omega L_d)\, I^2\cos^2\psi.$$

Le facteur correctif $\frac{L_t}{L_d}$ [1] se réduit à l'unité quand on a affaire à un alternateur suivant la loi de Joubert. Dans ce cas, l'expression de la variation se réduit, en appelant I_{cc} le courant de court-circuit, à

$$\frac{dP}{d\psi} = E\,(I - I_{cc}\sin\psi),$$

expression que j'avais donnée dans un travail plus ancien [2] pour les alternateurs suivant la loi de Joubert.

---

(1) Voy ma communication des *Comptes rendus*, 17 février 1913, aux figures de laquelle le lecteur est prié de vouloir bien se reporter.

(1) On remarquera que $L_t - L_d$ ne diffère pas de $l_t - l_d$, car $L_t = l_t + L_d = l_d + s$.

(2) Sur le couplage des alternateurs. *Bulletin de la Société Internationale des électriciens*, janvier, février et mars 1894).

Dans les formules précédentes, le coefficient transversal L_t est supposé sensiblement constant (car il dépend surtout de l'entrefer), sauf corrections, s'il y a lieu de tenir compte de la situation de l'induit ou des pièces polaires. Le coefficient direct L_d, qu'on peut définir par la variation de force électromotrice intérieure $\mathcal{E}$, dépend des conditions de saturation du circuit magnétique total et n'est considéré ici que grâce à l'hypothèse de la *faible amplitude* des oscillations; on admet que, pendant ces dernières, les contre-ampères-tours de l'induit varient assez peu pour que le point N, se déplace sensiblement sur la tangente à la caractéristique ON_1 (voir *Comptes rendus*, 17 février, *fig* 2). Soit tang δ le coefficient angulaire de cette tangente, on a

$$L_d = \frac{d\mathcal{E}_1}{\omega dI} = \frac{KN}{\omega\sqrt{2}}\left(1 + \frac{\operatorname{tang}\alpha}{\operatorname{tang}\beta}\right)\operatorname{tang}\delta = \frac{kN^2}{2}\left(1 + \frac{\mathcal{P}_f}{\mathcal{P}_m}\right)\mathcal{P},$$

en appelant $\mathcal{P}$ la perméance du circuit magnétique principal (inducteur et induit en série), $\mathcal{P}_f$ la perméance du circuit de fuite des inducteurs, $\mathcal{P}_m$ la perméance des inducteurs seuls supposées seulement constantes, k le coefficient de chevauchement des spires induites.

La différence entre L_t et L_d, souvent importante dans les alternateurs saturés, justifie l'emploi des formules ci-dessus dans le calcul du couple synchronisant et dans les applications que j'en ai faites précédemment [1]. Ces formules peuvent expliquer les différences notables obtenues entre les résultats de l'expérience et ceux que donnent les formules déduites de la théorie de Joubert.

Elles expliquent aussi très simplement la différence des effets que produit le compoundage électrique de l'excitation, suivant la façon dont il est réalisé. Si le compoundage annule les deux réactions directes et transversale, c'est-à-dire i_t et i_d, il n'y a plus d'effet correctif et le régime de l'alternateur est théoriquement indéterminé, si l'on n'a soin d'ajouter entre les bornes mêmes des alternateurs des conducteurs d'équilibre comme l'a imaginé M. Boucherot. Au contraire, si le compoundage compense seulement la réaction sur la force électromotrice directe, le courant réactif i_t est seul annulé, le premier terme de dP, qui contient seulement i_d, subsiste et produit son effet correctif, sans nécessiter des connexions d'équilibre, ainsi que l'a vérifié l'expérience.

Sur quelques propriétés d'un fer électrolytique industriel, par MM. L. Guillet et A. Portevin. (Voy. les *Comptes rendus*).

[1] Voy. *Comptes rendus*, 28 mai 1912. Cette note renferme quelques erreurs typographiques faciles à rectifier; notamment le facteur p a été omis au numérateur de l'expression 6.

N. D. L. R. — Nous apprenons, au moment de mettre sous presse, que M. André Blondel, l'auteur de ces communications, bien connu de nos lecteurs par ses travaux, vient d'être nommé membre de l'Académie des Sciences, en remplacement de M. Cailletet.

Séance du 10 mars 1913.

Relais extra-sensibles pour télégraphie sans fil, par M. Albert Turpain [1]. — Au début de la télégraphie sans fil, l'enregistrement des émissions reçues au cohéreur fut réalisé au moyen de relais sensibles qui actionnaient, à cet effet, la palette d'un appareil Morse. La portée des transmissions n'excédait guère, dans la pratique, 100 km.

Avec les détecteurs extra-sensibles qui se jouent de portées de plusieurs milliers de kilomètres, la réception n'est actuellement encore pratiquement assurée qu'au moyen du téléphone.

Depuis 1910, j'ai cherché à réaliser l'enregistrement des signaux hertziens de longue portée reçus à l'aide des détecteurs extra-sensibles. Les premiers résultats de mes expériences me permirent l'enregistrement des signaux de l'heure. A cet effet, j'ai successivement combiné un dispositif d'enregistrement photographique, puis un microampèremètre enregistreur [2]. Je viens de réaliser enfin des types de relais extra-sensibles qui laissent espérer leur usage dans la pratique de la télégraphie hertzienne.

Pour un bon fonctionnement pratique un relais doit réaliser les deux conditions suivantes : 1° contact très sûr; 2° sensibilité suffisante.

Les relais les plus sensibles et de contact bien sûr réalisés jusqu'à ce jour sont : 1° le relais Baudot qui fonctionne encore avec 1 milliampère ou 1000 microampères; le relais Claude qui donne encore un contact sûr avec 30 à 40 microampères; le relais Siemens qui présente une résistance de 10 000$^\omega$ et est alors sensible à 10 microampères.

Les intensités des courants reçus dans les meilleurs détecteurs à cristaux n'excèdent pas, pour les émissions des signaux radiotélégraphiques à longue portée, une fraction de microampère, parfois 1/10 ou même 1/100 de microampère.

J'ai réalisé deux types de relais qui présentent une sensibilité de l'ordre du 1/100 de microampère.

L'un des types est constitué par un cadre mobile dans un puissant champ magnétique (20 000 à 25 000 gauss), cadre constitué par du fil de cuivre de 3/100 de millimètre de diamètre et suspendu par un bifilaire de cocon de 7 cm ou 12 cm de hauteur, haubané à mi-hauteur par deux cocons horizontaux à tension réglable.

Le dispositif de contact mérite une description particulière. Un des côtés du cadre porte un cocon qui, au moment du déplacement, tire sur la petite branche d'un minuscule levier d'aluminium de 10 mm à 15 mm de longueur. Ce levier ne pèse pas 3 centigrammes (0,026 g). Il est fixé de façon à accroître dans la proportion de 1 à 10 les déplacements du cadre. C'est lui qui assure le contact du relais. A cet effet, la partie inférieure dudit levier porte une boucle en fil d'argent de 5/100 de millimètre de diamètre qui vient, au moment

[1] Reçue dans la séance du 3 mars 1913.

[2] Voy. *Société française de Physique*, 2 juin 1911; *Journal de Physique*, décembre 1911 et février 1912, et aussi *Comptes rendus*, février 1913.

du déplacement, toucher une boucle identique portée par une vis de réglage. Grâce à ces deux fils d'argent de diamètre extrêmement réduit et en forme de boucles, le contact est assez sûr pour permettre le passage d'un courant de l'ordre de 10 à 20 microampères, courant qui suffit à l'entretien d'un relais du type Siemens ou Claude. De plus, les boucles de fil d'argent de 5/100 de millimètre de diamètre sont assez souples pour être amenées à un contact par les impulsions d'énergie extrêmement faible données au levier d'aluminium par le cadre.

Un appareil Morse peut donc être entretenu au moyen de deux relais disposés en cascade; un relais du type que je viens de décrire actionnant un relais Siemens.

Un second type de relais extra-sensible est de construction plus aisée et de sensibilité cependant au moins aussi grande, sinon plus sensible. Dans ce second type de relais, je fais usage d'un galvanomètre à corde du genre de celui que j'ai récemment décrit (*Comptes rendus*, février 1913), et qui rappelle les galvanomètres d'Eïthoven et d'Edelmann. Le galvanomètre à corde que j'ai réalisé présente une sensibilité de l'ordre de 10^{-12} ampère. On peut s'en servir comme relais.

Pour atteindre de telles sensibilités, non seulement il faut employer comme corde des fils de 2μ de diamètre, mais encore des champs de 32 000 gauss; pour cela, il est nécessaire que l'entrefer ne dépasse pas un demi-millimètre. On peut cependant faire pénétrer dans cet entrefer une très mince petite pince faite de deux fils d'argent de 1/10 à 2/10 de millimètre de diamètre, et réunis à leurs extrémités par un petit pont métallique formant boucle et constitué par du fil de même diamètre que celui qui forme la corde, partie mobile du galvanomètre. Cette pince, amenée par une vis micrométrique de réglage au voisinage de la corde du galvanomètre permet d'obtenir un contact au moment du déplacement de la corde. A la vérité, avec des fils de 2 μ de diamètre, le contact est un peu précaire, mais en utilisant des galvanomètres à corde ayant 5μ et 10μ de diamètre qui réalisent encore, avec le champ magnétique de 32 000 gauss que j'emploie, des sensibilités de l'ordre de 10^{-8} et même 10^{-9} ampère, on obtient un relais très sensible et à contact très sûr pour fermer des courants dont l'intensité est de l'ordre de 10 à 20 microampères.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 7 mai 1913.

Essais ayant pour but l'identification et la qualication des toiles isolantes, exécutés au laboratoire central d'électricité, par M. H. Bureau. — Ces essais, effectués d'octobre 1912 à mars 1913, ont pour origine une demande du Syndicat professionnel des Industries électriques, à la suite de laquelle la première section, sous la présidence de M. Brunswick, établit une nomenclature des isolants et élabora un programme général d'essai de ces matériaux.

Ces essais comprennent un ensemble d'épreuves électriques, mécaniques, physiques, chimiques et de vieillissement; ils sont simples, faciles à réaliser et de peu de durée, par conséquent industriels; certains ont été néanmoins prolongés durant plusieurs semaines pour juger du crédit à accorder à ceux de faible durée.

Les essais ont porté sur quatre toiles imprégnées differentes, répondant aux spécifications suivantes :

Dénominations	V_1	V_2	N	W
Couleur	jaune	jaune	noire	jaune
Numéro de la qualité	1	2	2	1
Epaisseur, en mm	0,2	0,2	0,2	0,4
Tension de percement, en volts	10000	10000	10000	16000

Les essais de percement à la tension étaient faits avec un transformateur de 5 kv-a, pouvant donner 15000 volts à la haute tension pour 110 volts à la basse à la fréquence 42; un rhéostat de lampes intercalé dans la basse tension permettait de faire varier la tension secondaire de 100 volts à 15000 volts; chaque borne haute tension possédait une bobine de self de protection.

Pour l'étuvage des toiles, on employait une étuve très simple faites de panneaux en planches de carton ondulé collées au silicate de soude avec forte compression; l'étuve était chauffée par un rhéostat de lampes et on avait disposé à sa partie supérieure un ventilateur tournant à 1 tour par seconde afin d'éviter la stagnation de l'air.

L'essai de rigidité électrostatique transversale des toiles consiste à déterminer la plus petite tension déterminant le percement, la matière se trouvant plus ou moins comprimée entre deux armatures. On a adopté deux électrodes circulaires en cuivre poli avec une surface de contact de 10 cm² (surface ni ponctuelle, ni trop étendue), l'électrode inférieure ayant un diamètre de 4,5 cm; la pression, pas trop forte mais suffisante pour assurer un bon contact, était de 100 grammes par cm²; on applique d'abord la moitié de la tension indiquée, puis on l'augmente par bonds de 200 volts, chacune des tensions étant appliquée pendant 2 minutes.

Pour des durées prolongées jusqu'à deux jours, les tensions de percement diminuent en fonction du temps suivant une courbe d'allure exponentielle.

M. Bureau émet des considérations fort intéressantes sur la façon dont on doit tenir compte des écarts inévitables obtenus dans les résultats et sur le nombre de points à prendre pour une détermination.

L'influence de la température a été étudiée en essayant les toiles après des temps d'étuvage variables à 70° et à 120°, soit à l'air, soit entre des surfaces métalliques assez pressées empêchant le libre accès de l'air; la plupart des courbes présentent un minimum de la tension de percement dû sans doute à deux effets contraires : la dessiccation de la toile et son altération.

Des essais, intéressants pour la construction des transformateurs, ont été faits en maintenant les toiles dans l'huile de transformateur à 80°; toutes les rigidités augmentent tout d'abord dans ces conditions, mais celle

de la toile jaune W redescend ensuite; la toile noire semble plus perméable à l'huile que la toile jaune et plus réfractaire à l'action de la chaleur.

L'action de l'humidité a été étudiée en suspendant les éprouvettes de toile à l'intérieur d'une cloche dont l'atmosphère était saturée de vapeur d'eau; la rigidité s'abaisse fortement avec le temps suivant une courbe d'allure exponentielle (par exemple de 8 000 à 2 500 volts).

L'influence de la pression n'est pas très grande jusqu'à des pressions de 100 kg par cm^2.

Le pouvoir inducteur spécifique apparent est de 8 à 9 pour les toiles minces et de 5 pour les toiles épaisses.

M. de la Gorce a déterminé par la méthode de Wienn les pertes diélectriques sur des condensateurs confectionnés avec les toiles; ces pertes montent très rapidement pour les températures comprises entre 80 et 100 degrés.

Il a encore été fait des essais mécaniques de résistance à la traction, au cisaillement, au déchirement, des essais de pénétrabilité à l'eau, à la vapeur d'eau, à l'huile froide, à l'huile chaude, des essais d'inflammabilité, des dosages en isolant, en acide et en eau d'imprégnation, etc.

Enfin, une méthode de vieillissement artificiel a été expérimentée: la toile étant placée sur un plateau, on disposait au-dessus un tamis avec un très grand nombre d'aiguilles par lesquelles on faisait passer une pluie d'effluves; après 5 heures, les effluves avaient affaibli d'environ 1000 à 2000 volts la tension de percement suivant la toile.

Rayons X; applications médicales, par M. le Dr Henri Béclère. — M. le Dr Béclère fait défiler deux séries d'intéressants clichés, les premiers relatifs à la recherche des corps étrangers et au diagnostic de certaines affections internes, les autres montrant les résultats thérapeutiques obtenus en radiothérapie. Rappelons, à propos de cet important sujet, les résultats curieux de radiographie instantanée du thorax indiqués page 227.

Variation, en fonction de la température, du magnétisme rémanent des aciers aimantés à froid, par M. Robin. — M. Robin fait projeter une série de courbes montrant les résultats de ses expériences sur la chute du magnétisme rémanent des métaux au chauffage.

On a déterminé les courbes des variations magnétiques subies par les divers métaux et alliages aimantés, sous l'influence des chauffages et des refroidissements successifs. Des singularités se manifestent dans les aciers vers 100°, 180° et 350°. Leur interprétation donne lieu à diverses remarques sur la constitution des aciers, les questions de traitement thermique et le phénomène du vieillissement. Ces expériences peuvent servir de base à un essai de détermination de la nature d'une pièce d'acier, sans entraîner son altération.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

De l'extraction à grande profondeur — Une circulaire du « Comité des Houillères » donne la traduction d'un article du *Glückauf*, reprise par *l'Écho des Mines et de la Métallurgie* du 15 février 1912 sur l'extraction économique à grande profondeur, par l'ingénieur Moldenhauer de Düsseldorf.

I. *Principes fondamentaux et données générales.* — L'auteur étudie l'extraction intensive (3000 tonnes en quatorze heures), à des profondeurs variant de 1000 à 1500 mètres.

Les grandes profondeurs entraînent un accroissement du poids du câble et d'une façon générale des masses en mouvement. L'auteur étudie les conditions d'extraction en vue de la réduction de ces masses et montre leur influence sur le prix de revient.

Il n'envisage que l'extraction avec un câble rond en acier de diamètre uniforme (résistance de l'acier de 190 à 200 kg par centimètre carré).

Contrairement aux indications de certains auteurs, il n'admet comme appareil d'enroulement que la poulie Kœpe et le tambour cylindrique en écartant *à priori* l'emploi du tambour conique par suite de ses dimensions et de son poids exagérés à grande profondeur.

L'étude de la durée des câbles d'après la statistique des câbles d'extraction dans le district de Dortmund en 1906, 1907, 1908 conduit aux conclusions suivantes :

1° Le rapport du diamètre de l'appareil d'enroulement à celui du câble doit être d'au moins 2000.

2° Le coefficient de sécurité S doit être égal à 6 ou à 7.

II. *Détermination des caractéristiques de l'extraction.* — Afin que la vitesse et les accélérations conservent des valeurs admissibles, la charge utile doit être d'au moins 5000 kg.

Le minimum de durée des manœuvres de clichage est obtenu avec des cages à quatre étages, deux berlines par étage et des recettes à deux étages. La cordée d'une extraction de 3000 tonnes en quatorze heures s'effectue dans les conditions suivantes :

	Charges utiles, en kg.			
	5600.	6400.	7200.	9800.
Durée de la manœuvre de la cage, en secondes	5	5	5	5
Durée de la manœuvre des berlines, en secondes	25	28	30	32
Durée du trait, en secondes	63	74	86	94
Durée totale de la cordée, en sec.	94	107	121	131

L'auteur étudie l'influence des masses en mouvement en les ramenant à une masse unique soumise à l'accélération du câble. Il donne des diagrammes permettant de déterminer cette masse pour les machines à poulie et les machines à tambour à vapeur et électriques.

1° *Machine à vapeur.* — La plus économique est la machine tandem-compound, alimentée par de la vapeur à 13 kg : cm^2 surchauffée de 108 degrés. L'auteur calcule suivant les données de Hrabak la surface des pistons, la vitesse et les accélérations dans le puits, et enfin les pertes de vapeur par refroidissement et chutes de pression. Il indique dans un tableau les caractéristiques de l'extraction et les consommations de vapeur pour une machine à poulie Kœpe en supposant une profondeur de 1000 mètres et une charge utile de 5000 kg, pour des accélérations comprises entre 2,20 m et 1,08 par seconde par seconde. La consommation de vapeur varie de 8,170 kg à 8,559 kg par cheval-heure disponible dans le puits.

La consommation ainsi calculée doit être majorée de : 5 pour 100 pour les départs au point mort et les manœuvres de cage;

5 pour 100 pour pertes par refroidissement dans les conduites de vapeur;

15 pour 100 pendant les transports de matériel et les arrêts en dehors des postes d'extraction.

L'auteur donne les indications suivantes pour le calcul du prix de revient de l'extraction :

Prix de revient de la tonne de vapeur : 2,18 fr.

Frais de graissage et nettoyage par cheval-heure disponible dans le puits : $\frac{15 \text{ centimes}}{\eta}$, η étant le rapport du travail utile au travail fourni par la machine.

Main-d'œuvre de la machine : 2 mécaniciens et l'homme pour le nettoyage : 5750 fr par an.

Réparation : 1,5 pour 100 du coût de la machine.

Intérêts et amortissement : 15 pour 100.

Usure du câble : un câble pouvant faire en moyenne 150 000 cordées avec une charge utile de 5600 à 7800 kilogrammes, les frais d'usure du câble varient de 48 à 58 centimes par cheval-heure disponible dans le puits.

2° *Machine d'extraction électrique Ilgner.* — Il résulte d'une formule établie par Becker donnant la puissance absorbée par le volant en fonction de son poids, qu'il est préférable de mettre deux volants au-dessus de 59 tonnes.

L'auteur établit d'abord les formules des puissances et des rendements des moteurs d'extraction et de la dynamo pour chaque période (accélération, vitesse constante, ralentissement). Il en déduit la puissance moyenne du moteur du groupe. En tenant compte de la puissance consommée pour l'excitation (6 pour 100) et du rendement du moteur 0,91, on obtient la puissance à installer, d'où l'on déduit le rendement de l'installation et la consommation de puissance par cheval disponible dans le puits. La puissance à installer varie de 1100 à 1260 kilowatts pour une extraction de 1000 m avec une machine à tambour et une accélération comprise entre 0,89 et 1,20 m par seconde par seconde. Le rendement de l'installation varie de 0,465 à 0,540 et la consommation de puissance est environ de 1,59 à 1,36 kilowatt par cheval utile au puits.

Cette consommation doit être majorée de la puissance absorbée par les transports de matériel, assez importants à cause de la charge réduite, et des puissances consommées pendant la marche à vide de la dynamo et du moteur du groupe. Toutes ces consommations sont indiquées dans un tableau pour différentes profondeurs d'extraction et charges utiles.

L'entretien est estimé à 1 pour 100 du coût total de l'installation.

Le graissage revient à $\frac{0,056}{\eta}$ centime par cheval disponible dans le puits; η étant le rendement de l'installation.

La main-d'œuvre exige deux mécaniciens, un électricien et un homme pour le nettoyage, soit 7250 fr par an.

III. *Conclusions.* — La poulie doit être préférée au tambour comme appareil d'enroulement. M. Poussigue repoussait au contraire cette solution, qui exige un câble de section uniforme et lui préférait l'emploi du tambour conique et du câble diminué.

L'accélération la plus favorable est de 1,20 m par seconde par seconde; (pratiquement de 1,50 à 1,20 m : s².)

Le coefficient de sécurité le plus économique est $S = 6$; le câble est alors plus léger et la machine plus réduite. Cependant ce coefficient doit avant tout permettre l'emploi du câble d'équilibre, solution contraire à celle de M. Poussigue qui rejette l'emploi de ce câble à cause du flottement à des profondeurs supérieures à 800 mètres. Suivant l'auteur allemand, on a obtenu dans les mêmes conditions une consommation de vapeur de 13,25 kg par cheval-heure disponible au puits sans câble d'équilibre et de 9,75 kg avec câble d'équilibre. L'emploi d'un câble d'équilibre plus lourd que le câble d'extraction permet de réduire la consommation à 9,18 kg.

Le rapport du diamètre de l'appareil d'enroulement à celui du câble $\frac{D}{S} = 2000$ est plus avantageux que le rapport 2400.

Le prix de l'extraction diminue quand la charge utile croît et augmente avec la charge maxima admise.

Avec une machine à vapeur, la charge utile ne doit pas dépasser 7200 à 7800 kg; avec une machine électrique les charges utiles les plus économiques sont, pour une profondeur de 1000 m, 7800 kg et, pour 1200 m, 8200 kg.

D'après l'auteur, la vapeur serait plus économique que l'électricité; mais son calcul considère la machine d'extraction seule et non comme le complément de la charge de base de la station centrale nécessaire dans tous les cas à la mine. Ce résultat est obtenu en supposant une parfaite régulation de la vapeur en comptant à 2 centimes et demi le prix de revient du kilowatt-heure et en adoptant un amortissement de 7 pour 100 pour les installations électriques. L'installation électrique présente l'avantage de se prêter plus facilement à un accroissement de puissance qu'une installation à vapeur. (*Glückauf*, 1912.) M. A.

Choix de la force motrice dans les industries textiles. — Nous empruntons les chiffres suivants au rapport d'une commission d'ingénieurs anglais, constituée en vue de l'étude de ce sujet. Les données les plus fréquentes sont les suivantes : nombre d'heures de marche par an : 2750; amortissement et intérêts : 10 pour 100 des dépenses en machines et 8 pour 100 des dépenses en bâtiments; salaires des ouvriers et employés compris entre 1600 fr et 3000 fr par an; prix du combustible : houille 14 fr la tonne, anthracite 38 fr, coke 15 fr, huiles lourdes 60 fr.

En ce qui concerne la commande électrique, on adopte en général le courant triphasé 500 volts dans les filatures et le courant continu pour la commande des presses; pour celles-ci le moteur à courant alternatif ou à courant triphasé à collecteur est souvent d'un emploi avantageux. Les unités génératrices sont d'ordinaire des turbo-alternateurs de 200 à 1500 kilowatts, consommant environ 7 kg de vapeur par kilowatt-heure. A dépense égale comme combustible, les frais d'installation et d'entretien sont plus faibles avec la turbine à vapeur qu'avec la machine à piston ou un moteur à gaz ou à l'huile lourde. La différence est de l'ordre de 20 pour 100 pour les frais d'installation et de 15 pour 100 pour les dépenses d'amortissement et entretien.

Les dépenses de la commande mécanique directe par machine à vapeur à piston surpassent de 10 pour 100 celles de la commande par turbo-alternateur, et sont elles-mêmes inférieures de 10 pour 100 à celles de la commande électrique par machine à piston. Le prix de revient du cheval-heure produit par les moteurs Diesel de 320 à 1000 chevaux attaquant directement les transmissions est compris 2,6 et 3,4 centimes. Ce chiffre tombe à 2,5 centimes avec les moteurs à gaz à attaque directe, et à 2 centimes avec les moteurs à gaz entraînant un générateur électrique. Le rapport cité conclut en général à la supériorité de la turbine à vapeur. (*The Electr.*, 4 oct. 1912.) M. A.

MAGNÉTISME

Des propriétés magnétiques du fer. — La perméabilité s'améliore si on laisse refroidir le fer lentement et elle est diminuée par un refroidissement brusque. Ses qualités magnétiques sont altérées par le vieillissement. Le travail méca-

nique agit aussi défavorablement. Quand le fer est destiné à être placé dans un champ alternatif de grande fréquence, on diminue les pertes par hystérésis et courants de Foucault en y ajoutant du silicium.

Le manganèse que l'on ajoute au fer pour élever le coefficient de résistance affaiblit la perméabilité et occasionne une augmentation des pertes par hystérésis. Dans la fonte grise la quantité de carbone doit être la plus petite possible; de même la quantité de manganèse doit être minimum.

On n'a pas trouvé d'influence du phosphore et du soufre sur les qualités magnétiques. (Goltze, *E.T.Z.*, 25 janvier 1915.)

F. H.

MESURES

Essais d'un turbo-compresseur. — Le *Glückauf* contient un compte rendu d'essais d'un turbo-compresseur fournissant 10 000 m³ d'air à l'heure sous la pression de 6 kg : cm² à la vitesse de 4400 tours par minute, ou 5000 m³ à l'heure sous la pression de 5,5 kg : cm² à la vitesse de 4200 t : m.

Le turbo-compresseur est établi avec turbine à deux étages en vue de l'alimentation soit par la vapeur d'échappement provenant d'une machine d'extraction soit par de la vapeur vive. La partie basse pression est une turbine à action, tandis que la partie haute pression présente deux degrés de vitesse. L'amenée de la vapeur vive est assurée par des tuyères fraisées dans un anneau en acier au nickel, et réparties en différents groupes. Le réglage de la puissance se fait le plus possible en variant les combinaisons des groupes de tuyères ouvertes et le moins possible par étranglement de la vapeur. La turbine peut subir sans danger une surcharge de 50 pour 100.

La turbine et le compresseur sont montés sur un socle commun et disposés dans des enveloppes différentes. L'air, aspiré dans le compresseur par l'arrière, est refroidi, après son passage dans les premiers degrés de compression, dans un récipient intermédiaire d'où il passe ensuite à la partie haute pression du compresseur qui le comprime au chiffre demandé.

Les paliers de la turbine et du compresseur sont à graissage par huile sous pression, mais sans aucun refroidissement par circulation d'eau. L'huile est refroidie dans un réfrigérent en tubes de laiton.

Le réglage du compresseur a lieu à pression constante. Sa vitesse normale est de 4550 t : min.

La vapeur d'échappement nécessaire pour l'alimentation est emmagasinée dans un accumulateur Balcke-Harlé de 700 m³ suffisant pour deux compresseurs. Elle passe dans un purgeur avant d'atteindre les degrés basse pression de la turbine; d'où elle se rend ensuite dans un condenseur à surface placé immédiatement sous la turbine. Des dispositions particulières ont été prises pour le refroidissement de l'eau de circulation.

Les chiffres de garantie pour la consommation de vapeur à l'heure sont les suivants :

a. *En vapeur d'échappement :* 1° Pour la marche à 10 000 m³ : 1,4 kg par m³ : heure; 2° Pour la marche à 5000 m³ : 1,78 kg par m³ : heure.

b. *En vapeur vive :* 1° Pour la marche à 10 000 m³ : 0,69 kg; 2° Pour la marche à 5 000 m³ : 0,88 kg.

La température de l'air comprimé à 6 kg ne doit pas dépasser 86° C. Les essais effectués comprirent quatre mesures pour chaque mode d'alimentation : en surcharge, charge normale et demi-charge.

La quantité d'air aspiré fut mesuré à l'aide d'une tuyère adaptée à la tubulure d'aspiration du compresseur; le calcul du débit fut établi en partant à la formule suivante :

$$Q = 44{,}85\,\mu F \sqrt{T \frac{p}{p_0}\, 0{,}286 \left[\frac{p}{p_0}\, 0{,}286 - 1 \right]}$$

Cette formule est extraite de la *Hütte* avec la seule modification du remplacement du coefficient de 45,55 contenu dans ce formulaire par le chiffre 44,85 un peu moins favorable.

Les lettres ont les significations suivantes :

Q, quantité d'air aspiré en mètres cubes à la seconde;
μ, coefficient caractéristique de la tuyère (égal à 0,99);
F, section de la tuyère;
T, température de l'air aspiré;
p, pression barométrique absolue en atmosphères;
p_0, pression de l'air absolue dans la tuyère, en kg : cm².

La consommation de vapeur fut déduite de la mesure de la quantité d'eau de condensation, en tenant compte du défaut d'étanchéité du condenseur.

La quantité d'eau de refroidissement fut également déterminée.

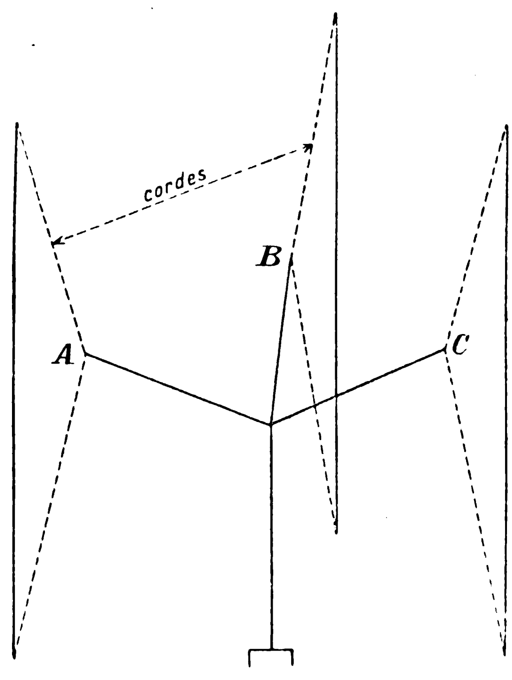
La durée des premières mesures était de 45 minutes, mais on reconnut dans la suite qu'il était possible de réduire considérablement cette durée. Les chiffres obtenus aux essais furent trouvés inférieurs à ceux de garantie de 8 pour 100 pour la vapeur vive, et 14 pour 100 pour la vapeur à basse pression.

(Communication de l'Association de contrôle de Dortmund. *Glückauf*, n° 47, 1912.)

M. A.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Du rayonnement des antennes. — M. Reich, dans la *Phys. Zeitschrift*, livre 15, 1912, p. 228, étudie l'influence de la forme de l'antenne sur le rayonnement. Si l'on garde la longueur d'onde constante pour différentes formes de l'antenne et si l'on mesure à un poste récepteur l'énergie reçue, l'énergie dépensée dans l'antenne sera par unité de temps I^2W,



I étant le courant dans l'antenne du poste émetteur, W étant la résistance totale provoquant les pertes par effet Joule dans les fils, dans la terre, pertes par courants parasites, etc., et celles par rayonnement.

Appelons W_s la résistance de rayonnement; on mesure dans la station réceptrice une énergie proportionnelle à I^2W_s, énergie qui apparaît dans l'antenne réceptrice sous la

forme d'un courant I_2. Ce courant est proportionnel à l'énergie rayonnée, donc

$$I^2_2 = kI^2 W_s$$

Cette formule est exacte pour les ondes amorties.
Pour des ondes non amorties on a

$$I^2_2 = kI^2 W_s \frac{1}{d_1 + d^2}$$

d_1 et d_2 étant les décréments d'amortissement du récepteur.

Si l'on suppose $\frac{1}{d_1 + d_2}$ constant, comme c'était le cas dans les essais effectués, alors $\frac{I^2_2}{I^2}$ est proportionnel à W_s.

Pour ces essais on utilisa la station radio-télégraphique militaire de Göttingen et comme station réceptrice un poste situé à 6,8 km ayant une antenne de 22 m.

L'antenne du poste émetteur était établie entre trois mâts de 80 m de hauteur suivant la figure ci-dessus.

Les extrémités A B C des trois branches de l'antenne pouvaient glisser le long des cordes, de sorte qu'il était facile d'en modifier la forme.

L'on fit quatre essais, les extrémités de l'antenne étant successivement à 52, 35, 12 et 1,5 mètres au-dessus du sol.

Les longueurs d'onde furent

405 395 378 369 m.

Les résistances de rayonnement W_s correspondantes furent trouvées égales à :

W_s =	11,5	8,3	6,6	6,1 ϖ.
d =	0,102	0,073	0,058	0,062
S =	100	58,2	22,9	13,1

S étant égal à $\frac{I^2_2}{I^2}$. Pour cet essai on avait mis l'antenne à la terre.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

---

441 895. — **Société Bérard et Turenne.** — *Lampe à arc* (29 mars 1912).

441 997. — **Crowley et Richardson.** — *Perfectionnements aux lampes électriques à incandescence* (1er avril 1912).

442 272. — **Siemens et Halske A. G.** — *Dispositif pour le déroulement de la bande de papier par la face intérieure des rouleaux de bandes d'enregistrement, de bandes télégraphiques ou autres bandes de papier analogues* (6 avril 1912).

15 657/437 979. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Nouveau polyphone* (10 juin 1911).

442 085. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Dynamo à compoundage différé pour un moteur électrique ou une dynamo* (9 mars 1912).

442 157. — **De Habdank-Dukinowski et Fleischer.** — *Installation pour obtenir du courant électrique au moyen de l'eau de mer et autres eaux contenant du sel* (3 avril 1913).

15 686/439 360. — **Féry.** — *Perfectionnements aux accumulateurs électriques* (2 avril 1912).

442 206. — **Rose et Oldenburg.** — *Poteau en béton armé pour conducteurs électriques* (5 avril 1912).

442 252. — **Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.** — *Mode d'alimentation des circuits primaires des changeurs de fréquence destinés à alimenter le rotor des machines d'induction* (15 juin 1911).

442 243. - **Société anonyme Westinghouse.** — *Perfectionnements aux appareils de mesures électriques.*

15 670/426 952. — **Becker.** — *Procédé pour réduire les pertes d'énergie dans les lignes avec des actions de compensation électro-magnétiques variables* (28 mars 1912).

15 572/418 347. — **Société Debauge et Cie.** — *Vernis isolant infusible pour la construction électrique, l'enrobage des fils et câbles conducteurs et autres applications.*

442 108. — **Beyeler.** — *Appareil destiné à détendre, à chauffer et à modifier par l'effluve à haute fréquence un mélange d'air et de gaz primitivement comprimés* (2 avril 1912).

442 258. — **Frei.** — *Procédé de galvanisation d'objets non conducteurs* (6 avril 1912).

442 160. -- **Grammont et Routin.** — *Procédé et appareil pour la fabrication automatique des filaments métalliques* (13 juin 1911).

442 176. — **Hewitt.** — *Perfectionnements dans les lampes électriques.*

442 251. — **Société Harlé et Cie.** — *Lampe à arc avec dispositif de mise en veilleuse* (15 juin 1911).

442 252. — **Société Rodrigues, Gauthier et Cie.** — *Boite pour lampes électriques* (6 avril 1912).

442 284. — **Compagnie générale d'électricité.** — *Monture pour lampe électrique* (6 avril 1912).

15 695/436 705. — **Deschamps.** — *Chemin de fer électrique avec procédé automatique de traction* (17 juin 1911).

442 459. — **Carpentier.** — *Dispositif d'électro-aiguilleur pour traducteur de télégraphe Baudot* (11 avril 1912).

443 581. — **Johnson.** — *Système de poste téléphonique central* (16 avril 1912).

442 658. — **Société dite : Aktiebolaget L. M. Ericsson et Cie.** — *Dispositif applicable aux microphones* (18 avril 1912).

442 579. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Procédé pour le réglage de vitesse simultané d'un certain nombre de moteurs électriques à courant continu* (19 juin 1911).

442 446. — **Rouzet.** — *Moteur synchronisé à démarrage et synchronisation automatique* (20 juin 1911).

442 584. — **Oligny.** — *Appareil pour la charge des accumulateurs* (16 avril 1912).

442 610. — **Chevelu.** — *Pile thermoélectrique* (11 avril 1912).

442 550. — **Martenet.** — *Pied pour poteaux supportant des lignes électriques* (5 mars 1912).

442 576. — **Société dite : Prometheus Fabrik Elektrischer Koch und Heinzapparate G. m. b. H.** — *Résistance électrique avec un conducteur formé par un fil ou une bande métallique* (9 avril 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

73077. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 515. 10 Juin 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Une nouvelle catégorie de dynamos. Machines à excitation interne. — Les moulins à vent pour la production de l'énergie électrique. — Le 30e anniverversaire de la Société électrotechnique de Vienne. — Les Sociétés de téléphones au Canada 249

Étude sur l'influence de l'introduction d'un tronçon commun dans deux circuits alimentés par des tensions déphasées l'une par rapport a l'autre. **L. Barbillion** 251

Essais électriques des isolants. **H. Marchand** 263

L'Exposition annuelle de la Société française de physique. — Dispositif d'émission Magunna à notes musicales. — Système Gacogne pour télégraphie sur lignes à haute tension. — Électromètre Crémieu. — Électromètre Szilard. — Nouvel oscillographe de M. Blondel. — M. J. Carpentier. **P. G.** 266

Académie des sciences. — *Séance du* 10 *mars* 1913 : Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines, par **C. Tissot** 270

Revue de la presse. — *Dynamos* : Commutatrices à pôles auxiliaires. — *Installations* : Signaux et appareillages pour chemins de fer électriques dans les mines. Pompes centrifuges à air pour condenseurs. 271

INFORMATIONS

Une nouvelle catégorie de dymanos. Machines à excitation interne. — A la séance du 19 mai dernier de l'Académie des sciences, M. Picou a présenté une nouvelle classe de machines qui ouvre un *champ* nouveau dans le domaine de la construction. Étant donné l'intérêt que présente ce système, nous avons tenu à le signaler immédiatement à nos lecteurs.

Les machines dynamo-électriques sont construites en général, jusqu'à présent, en affectant à chacune des parties qui les constituent mécaniquement les fonctions respectives d'inducteur et d'induit. Ce n'est cependant pas une nécessité d'ordre physique, car il suffit, pour qu'une machine soit transformatrice d'énergie, qu'un bobinage soit en mouvement relatif dans un champ magnétique dont la direction diffère de celle de son champ propre. On peut donc faire porter par la même partie, fixe ou mobile, les bobinages inducteur et induit, et même superposer, dans les mêmes fils, les courants inducteur et induit. C'est l'*excitation interne.*

Dans un anneau du genre Gramme, par exemple, on peut introduire le courant magnétisant par des balais auxiliaires calés à mi-distance des balais principaux et reliés à une source indépendante. La partie fixe reçoit alors simplement un enroulement de compensation du champ du courant induit. On peut encore rendre une telle machine auto-excitatrice, en mettant en court circuit les balais auxiliaires et en faisant le bobinage de compensation légèrement surabondant.

On peut aussi introduire dans le fil induit, au moyen de bagues reliées à des points équidistants, des courants polyphasés, de phase et de fréquences appropriées pour produire le champ fixe d'excitation. Ce dernier mode d'excitation, en particulier, confère à la dynamo des propriétés spéciales dont les principales sont les suivantes : l'entrefer n'est déterminé que par les conditions mécaniques de la construction, et plus du tout par les conditions de bonne commutation ; l'excitation en est réduite en proportion ; la dispersion magnétique est réduite pratiquement à rien, d'où des conditions d'auto-régulation extrêmement favorables.

Ces propriétés trouvent leurs applications les plus intéressantes dans quelques cas particuliers : ainsi l'excitation des alternateurs, pour laquelle la machine principale fournit elle-même à son excitatrice le courant magnétisant. La compensation des chutes de tension (compoundage) devient alors très facile à réaliser au moyen d'un simple transformateur qui renforce l'excitation en proportion du courant principal.

Pour les machines à courant continu de très grand débit affectées aux grandes applications de l'électrolyse, les difficultés considérables auxquelles a donné lieu la commutation sont évitées sûrement par l'emploi de l'excitation alternative interne. Leur origine est l'impossibilité pratique de maintenir, avec la construction usuelle, l'égalité des champs magnétiques partiels de ces machines à nombre de pôles nécessairement élevé. Les moindres différences créent entre les forces électromotrices mises en parallèle des écarts d'où résultent d'énormes courants de circulation. Les connexions équipo-

tentielles, d'emploi courant, ne peuvent suffire à corriger ces défauts ainsi qu'on le démontre facilement. Au moyen de l'excitation alternative, l'égalité des divers champs est assurée rigoureusement et reste telle malgré toutes les variations accidentelles de centrage. Ce sont, en effet, des réluctances et non des résistances qui déterminent le partage des courants magnétisants, et les réluctances tiennent compte automatiquement de toutes les différences d'entrefer.

L'excitatrice, génératrice de courants déphasés, montée en bout d'arbre, est d'une grande simplicité. On peut disposer les choses de manière qu'elle ne comporte ni bagues, ni balais, et que la machine principale elle-même n'ait pas besoin de bagues; il suffit d'établir les jonctions permanentes appropriées entre points homologues des deux bobinages. L'excitatrice n'est alors pas une complication.

Les moulins à vent pour la production de l'énergie électrique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 avril.) — M. G. Liebe, chef de travaux à l'école supérieure technique de Dresde, a fait à la Société électrotechnique de cette ville une conférence sur l'éclairage électrique par moulins à vent et a donné des indications sur la détermination du moulin à vent à employer.

La partie principale du moulin est la roue, dont l'axe doit être dirigé parallèlement à la direction du vent, afin que toutes les aubes travaillent uniformément; on y arrive en employant un gouvernail de direction.

La courbure des aubes doit être calculée pour que le moulin travaille dans les conditions les plus favorables dans le cas de la vitesse du vent la plus ordinaire. Afin d'éviter les tourbillons de l'air, il doit y avoir un certain intervalle entre deux aubes et celles-ci ne doivent pas atteindre le milieu de la roue.

On ne peut construire une roue pour laquelle l'utilisation du vent soit la même pour un vent faible et un vent violent.

Le tableau suivant donne la puissance du vent agissant sur une roue de 8,5 m de diamètre, suivant sa vitesse.

Vitesse du vent en m : sec.	Puissance en chevaux.	Vitesse du vent en m : sec.	Puissance en chevaux.
1	0.04	7	13,0
2	0.32	8	21,0
3	1.1	10	40.0
4	2,6	15	135,0
5	5,0	20	320.0
6	8.6	30	1080.0

La puissance croit comme le cube de la vitesse du vent; en effet l'énergie cinétique des particules d'air est $\frac{mv^2}{2}$ et leur nombre augmente comme la vitesse, de sorte que l'énergie totale croit comme le cube de la vitesse.

On voit d'après le tableau ci-dessus que, si l'on construit la roue pour avoir la meilleure utilisation avec un vent de 10 m à la seconde, la puissance du vent pour des vitesses de 3 et 4 m par seconde, n'atteint même pas la valeur des pertes du moulin à vide.

Comme généralement les vents ayant une vitesse de 10 m sont beaucoup plus rares que ceux de 5 m, on doit prendre une roue très légère, de manière à ce qu'elle commence à tourner avec un vent de 1,50 m et qu'elle puisse déjà être utilisée pour des vitesses du vent de 2, 3 et 4 m.

Cette roue légère serait certainement détériorée par un vent de 15 m et l'on est obligé d'adopter un dispositif qui diminue la surface offerte au vent dès que la vitesse de celui dépasse une certaine limite; on y arrive en disposant sur la roue une surface plane, sur laquelle agit le vent, dès que la pression de celui-ci atteint une certaine valeur, l'effort exercé sur cette surface dépasse la pression exercée par un ressort maintenant les aubes et celles-ci s'inclinent.

M. Liebe conseille de régler la tension du ressort et la surface opposée au vent, de manière que le dispositif commence à agir quand la vitesse du vent atteint 7 m par seconde, et qu'à partir d'un vent de 8 m la puissance du moulin reste constante; on arrive ainsi à avoir le nombre maximum de chevaux-heures disponibles annuellement.

M. Liebe conseille l'emploi d'une dynamo excitée en dérivation, avec enroulement série magnétisant. L'excitation de l'enroulement dérivation ne doit pas être empruntée à la batterie, car la tension de cette dernière peut être par trop faible à la suite d'une période de temps calme, il faut que la machine s'excite d'elle-même.

Le conjoncteur-disjoncteur doit agir avec précision, juste au moment où la tension de la machine est égale à celle de la batterie, et on doit éviter l'emploi de mercure pour les contacts. F. L.

Le 30e anniversaire de la fondation de la Société électrotechnique de Vienne. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 24 avril.) — Le 15 mars la Société électrotechnique de Vienne a fêté son 30e anniversaire; elle a en effet été fondée en 1883, à l'occasion de l'Exposition universelle, et son premier président fut M. le professeur Stéfan.

L'organe de la Société, la *Zeitschrift für Elektrotechnik* a d'abord paru tous les mois; en 1897, il devint hebdomadaire et, en 1905, il a changé de nom et pris celui de *Electrotecnick und Maschinenbau*, sous lequel il paraît encore toutes les semaines.

Dès sa fondation la Société s'occupa de la rédaction de règlements de sécurité, ceux-ci furent rendus officiels par le gouvernement austro-hongrois en 1899.

La Société, avec sa section créée à Brünn, compte actuellement 1500 membres; elle publie chaque année une statistique, des usines électriques autrichiennes et des chemins de fer électriques; le 1er janvier de cette année ces statistiques ont ont paru pour la 3e fois.

Pour son 30e anniversaire la Société a publié une brochure, qui dans 21 chapitres contient toute l'histoire de l'électricité.

M. Reithofer, dans son discours d'inauguration, a rappelé qu'il existe en Autriche 854 usines électriques, ayant une puissance totale de 0,5 million de kw et 64 chemins de fer électriques d'une longueur de 1039 km; le capital engagé en Autriche dans les entreprises d'électricité est de 100 millions de francs, et celles-ci livrent annuellement pour 150 millions environ d'objets fabriqués. Le nombre annuel des brevets déposés en Autriche concernant l'électricité est en moyenne de 635, et il en est accordé à peu près 63,8 pour 100. (En Allemagne 44,8 pour 100 seulement sont accordés.)

Dans sa séance du 19 mars, la Société a nommé président M. Gebhard, directeur général de la Fabrique d'accumulateurs, en remplacement de M. l'ingénieur Drexler, président sortant. F. L.

Les sociétés de téléphones au Canada. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 17 avril.) — D'après la statistique officielle, le nombre de sociétés de téléphones, s'élève à 685, il a augmenté de 146, l'année dernière. La plus grande partie des réseaux téléphoniques du Canada est exploitée par des sociétés. Il n'y a que quelques États qui exploitent leurs téléphones, soit complètement, comme ceux de Manitoba et de Alberta, soit en partie seulement comme l'État de Saskatchewan, qui est en train de racheter les réseaux des 206 sociétés qui existent sur son territoire.

Il y a 369 sociétés dans l'État d'Ontario; la province de Québec en compte 62 et les autres États en ont chacun moins de 40. Il y a en tout en service actuellement 370 884 postes, soit un poste pour 8 habitants. F. L.

ÉTUDE SUR L'INFLUENCE
DE
L'INTRODUCTION D'UN TRONÇON COMMUN
DANS
DEUX CIRCUITS ALIMENTÉS PAR DES TENSIONS DÉPHASÉES L'UNE PAR RAPPORT A L'AUTRE

La recherche de cette influence intéresse un très grand nombre de problèmes de l'électrotechnique, en particulier celui des distributions diphasées avec fil de retour commun, celui de la mesure d'une puissance ou d'une énergie électrique triphasée par les méthodes dérivées de celles des deux wattmètres (ou de deux comp-

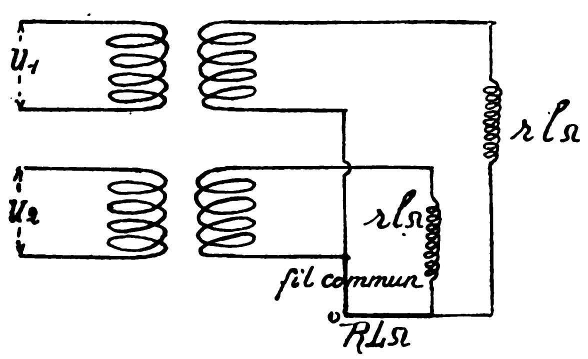


Fig. 1.

teurs à champ tournant) dans le cas de l'emploi de transformateurs d'intensité, par exemple avec le montage ci-dessus (fig. 1) employé fréquemment pour raison de commodité.

Cas général. — Soient deux tensions simples, pour fixer les idées, U_1 et U_2. Imaginons qu'elles aient même valeur maxima et que, sur le diagramme circulaire, elles soient décalées de $\frac{2\pi}{m}$, U_2 étant la tension en avance et U_1 la tension en retard (fig. 2).

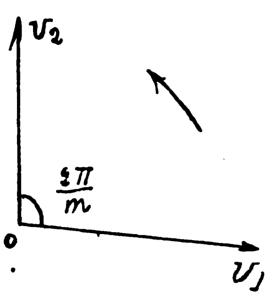


Fig. 2.

Appelons r et $l\Omega$ les résistance et réactance de chacune des parties du circuit *récepteur* double qui nous intéresse, R et $L\Omega$ les résistance et réactance du tronçon commun.

Nous supposerons la capacitance, si elle existe pour ces divers éléments, englobée dans les termes réactance $l\Omega$ et $L\Omega$ et, en tout cas, sauf spécification contraire, les effets de self-induction prédominant.

Nous aurons ainsi évidemment :

$$U_1 = rI_1 + l\frac{dI_1}{dt} + RI + L\frac{dI}{dt}; \qquad (1)$$

$$U_2 = rI_2 + l\frac{dI_2}{dt} + RI + L\frac{dI}{dt} \qquad (2)$$

en appelant I_1 et I_2 les courants respectifs circulant dans les deux branches, I le courant total.

Additionnons et retranchons les équations 1 et 2 et

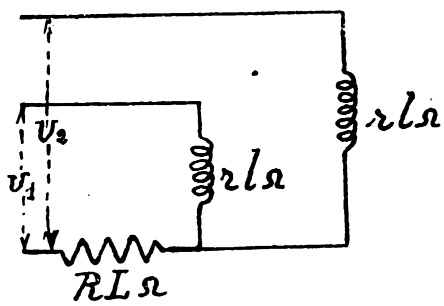


Fig. 3.

remarquons que $I = I_1 + I_2$. Prenons en outre $J = I_1 - I_2$. Il vient évidemment :

$$U_1 + U_2 = (r + 2R)I + (l + 2L)\frac{dI}{dt} \qquad (1')$$

$$U_1 - U_2 = rJ + l\frac{dJ}{dt}. \qquad (2')$$

Posons enfin : $r' = r + 2R$ et $l' = l + 2L$.

On voit que r' et l' sont respectivement plus grands que l et r.

Les équations 1′ et 2′ peuvent s'interpréter de la façon suivante :

Les tensions fictives $U_2 + U_1$ et $U_1 - U_2$ peuvent être

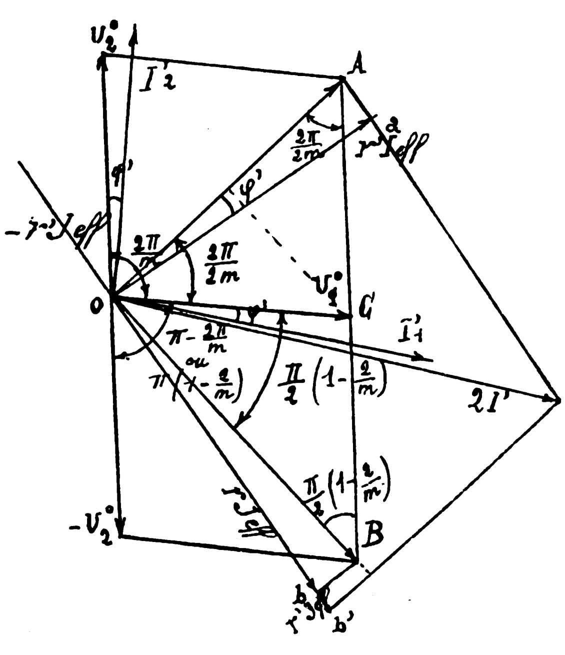


Fig. 4.

considérées comme donnant naissance dans le circuit à

des courants respectivement fournis, en valeur absolue, par les formules :

$$I_0 = \frac{(U_1 + U_2)_0}{\sqrt{r'^2 + l'^2\Omega^2}} \quad \text{et} \quad J_0 = \frac{(U_1 - U_2)_0}{\sqrt{r^2 + l^2\Omega^2}}$$

dont les phases par rapport aux tensions génératrices $U_1 + U_2$, $U_1 - U_2$ sont données par les formules :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{l\Omega}{r} \quad \text{et} \quad \operatorname{tg} \varphi' = \frac{l'\Omega}{r'}.$$

On peut donc construire simplement ces courants I et J. Si l'on remarque maintenant qu'on a identiquement

$$I_1 = \frac{I + J}{2} \qquad I_2 = \frac{I - J}{2}$$

la construction graphique de I_1 et I_2 sur le diagramme sera tout aussi simple. On a du reste :

$$OA = (U_1 + U_2)_0 \quad \text{c.-à-d.} \quad OA = 2\,U_0 \cos\frac{2\pi}{2m}$$

le triangle OCA étant isocèle. Donc :

$$OA = (U_1 + U_2)_0 = 2\,U_0 \cos\frac{2\pi}{2m}.$$

De même :

$$OB = (U_1 - U_2)_0 = 2\,U_0 \cos\frac{\pi}{2m}(m - 2).$$

En ce qui concerne les phases, nous pourrons écrire, en remarquant que si :

$$\begin{cases} U_1 = U_0 \cos \Omega t \\ U_2 = U_0 \cos\left(\Omega t + \frac{2\pi}{m}\right) \end{cases}$$

$$(U_1 + U_2)_0 = 2\,U_0 \cos\frac{2\pi}{2m} \cos\left(\Omega t + \frac{2\pi}{2m}\right)$$

$$(U_1 - U_2)_0 = 2\,U_0 \cos\frac{\pi}{2m}(m-2) \cos\left[\Omega t - \frac{\pi}{2m}(m-2)\right].$$

Cherchons les valeurs des courants correspondant à ces tensions :

$$I = (I_1 + I_2) = \frac{2\,U_0 \cos\frac{2\pi}{2m}}{\sqrt{r'^2 + l'^2\Omega^2}} \cos\left[\Omega t + \frac{2\pi}{2m} - \varphi'\right]$$

$$J = (I_1 - I_2) = \frac{2\,U_0 \cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}{\sqrt{r^2 + l^2\Omega^2}} \cos\left[\Omega t - \frac{\pi}{2m}(m-2) - \varphi\right].$$

Les courants I_1 et I_2 seront donc donnés par les sommes algébriques :

$$I_1 = \frac{I + J}{2} = \frac{U_0 \cos\frac{2\pi}{2m}}{z'} \cos\left(\Omega t + \frac{2\pi}{2m} - \varphi'\right) + \frac{U_0 \cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}{z} \cos\left[\Omega t + \frac{\pi}{2m}(m-2) - \varphi\right].$$

$$I_2 = \frac{I - J}{2} = \frac{U_0 \cos\frac{2\pi}{2m}}{z'} \cos\left(\Omega t + \frac{2\pi}{2m} - \varphi'\right) - \frac{U_0 \cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}{z} \cos\left[\Omega t - \frac{\pi}{2m}(m-2) - \varphi\right].$$

Remarque. — On peut remarquer que les tensions $U_1 + U_2$ et $U_1 - U_2$ décalées de l'angle $\left[\frac{2\pi}{2m} + \frac{\pi}{2m}(m-2)\right]$ c'est-à-dire de $\frac{\pi}{2m}(2 + m - 2) = \frac{\pi m}{2m} = \frac{\pi}{2}$, sont toujours rectangulaires quelle que soit la valeur numérique du nombre de phases m introduit dans le calcul.

Il est difficile de donner une forme plus synthétique de I_1 et I_2 tant que l'on ne fait aucune hypothèse sur la valeur des constantes m, z, z', φ et φ'.

Remarque. — On peut, néanmoins, au point de vue graphique, faire quelques remarques fondamentales sur la figure qui précède. Observons que $Ob = rJ_{\text{eff}}$. Amplifions cette valeur dans le rapport $\frac{r'}{r}$. Nous avons un nouveau point b', extrémité du vecteur $Ob' = r'J_{\text{eff}}$, car $r' > r$.

Nous pouvons maintenant, les échelles étant les mêmes, sur la même figure construire :

$$2\,r' I_{1\,\text{eff}} = r'(I + J)_{\text{eff}} \quad \text{et} \quad 2\,r' I_{2\,\text{eff}} = r'(I - J)_{\text{eff}},$$

en composant les vecteurs oa et ob' d'une part, oa et $-ob'$ d'autre part.

S'il n'y avait pas de chute de tension dans le tronçon commun ($r = r'$), la composition de I et de $\pm J$ donnerait évidemment les courants I'_1 et I'_2 décalés de φ en arrière des tensions respectives U_1 et U_2. Le fait de $r < r'$ (chute de tension non plus négligeable dans le tronçon commun) aura en général pour effet, nous le vérifierons postérieurement, de faire écarter le courant I_1 de la tension U_1 et de faire rapprocher le courant I_2 de la tension génératrice.

Pour trouver une base rationnelle de comparaison, de la situation des courants avant et après la transformation du circuit, nous supposerons que le tronçon commun a été obtenu par la juxtaposition de deux parties de circuits de résistance et de réactance respectives $2R$ et $2L\Omega$.

La juxtaposition de ces deux résistances en parallèle a conduit à une résistance moitié moindre R. Supposons qu'il en soit de même pour la réactance, bien que la conclusion ne soit pas là aussi nette et appelle quelques réserves. Les courants I_1 et I_2 étaient donc décalés avant

la juxtaposition, par rapport aux tensions des angles définis par :

$$\operatorname{tg}\chi = \frac{l\Omega + 2L\Omega}{r + 2R}$$

c'est-à-dire d'angles χ juste égaux aux angles que nous avons considérés plus haut.

$$\chi = \varphi'.$$

Mais dans le triangle $Ob'K$:

$$\begin{cases} OK = 2r' I_{1\,\mathrm{eff}} \\ b'K = r' I_{\mathrm{eff}} \\ Ob' = r' J_{\mathrm{eff}}. \end{cases}$$

Il aurait été aussi intéressant de prendre, comme base de comparaison, le cas où l'on donne à la portion commune les mêmes dimensions que possédait chacune des deux parties du circuit qu'elle a remplacées après la transformation (économie d'un fil sur deux identiques). Ce cas est cependant moins général que le précédent, car il ne correspondrait qu'à des conditions expérimentales n'entrainant qu'une très faible chute de tension dans la ligne. On est en effet prévenu, et c'est une donnée industrielle admise par tous, qu'il convient de donner des sections plus fortes aux fils supportant des courants résultant de deux ou plusieurs autres (renforcement du fil de retour en diphasé), au moins quand ces courants ne tendent pas à avoir une somme algébrique nulle (triphasé).

Cette remarque faite, considérons la figure 5.

Nous avons, dans le triangle $Ob'K$:

$$\frac{OK}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi + \varphi'\right)} = \frac{b'K}{\sin\alpha} = \frac{Ob'}{\sin\sigma}.$$

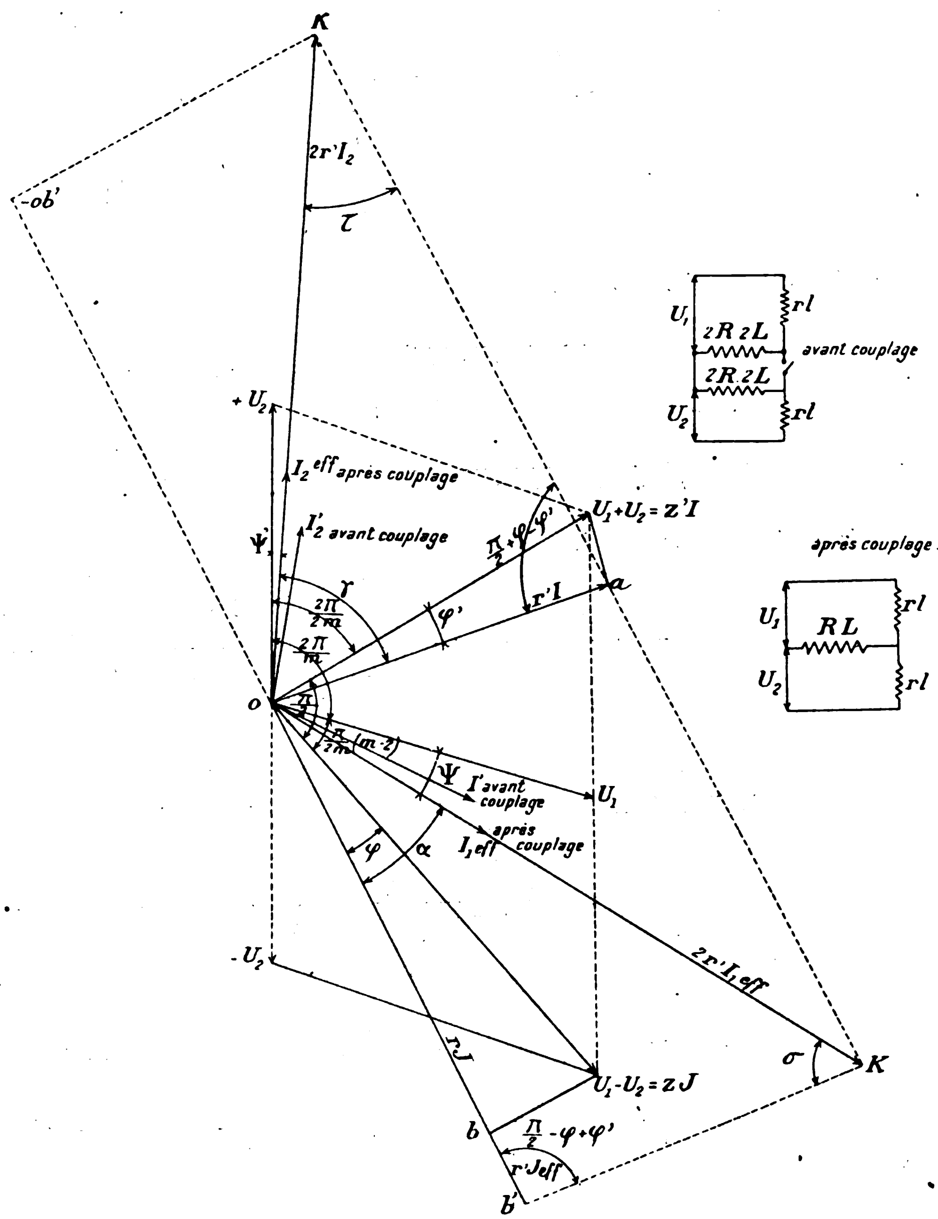


Fig. 5.

Mais
$$\alpha = \frac{\pi}{2m}(m-2) + \varphi - \Psi,$$

en appelant Ψ l'angle de décalage du nouveau courant I_1 par rapport à sa tension.

De même, nous aurons, dans le triangle $OK'a$:

$$\frac{OK'}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \varphi'\right)} = \frac{aK'}{\sin\gamma} = \frac{Oa}{\sin\mathfrak{T}}$$

Donc

$$\frac{2r' I_{1\,\mathrm{eff}}}{\cos(\varphi - \varphi')} = \frac{r' I_{\mathrm{eff}}}{\sin\alpha} = \frac{r' J_{\mathrm{eff}}}{\sin\sigma}$$

avec

$$\sigma = \left(\pi - \alpha - \frac{\pi}{2} + \varphi - \varphi'\right)$$

c'est-à-dire

$$\sigma = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \varphi + \varphi').$$

De même dans le triangle $OK'a$:

$$\begin{cases} aK' = r' J_{eff} \\ Oa = r' I_{eff} \\ OK' = 2 r' I_{2eff} \end{cases}$$

Donc

$$\frac{2 r' I_{2eff}}{\cos(\varphi - \varphi')} = \frac{r' J_{eff}}{\sin \gamma} = \frac{r' I_{eff}}{\sin \mathfrak{C}}$$

avec

$$\mathfrak{C} = \left(\pi - \frac{\pi}{2} - \varphi + \varphi' - \gamma\right) = \frac{\pi}{2} - \varphi + \varphi' - \gamma$$

$$= \frac{\pi}{2} - (\varphi + \gamma - \varphi').$$

Nous aurons donc dans le triangle $Ob'K$:

$$\frac{2 I_{1eff}}{\cos(\varphi - \varphi')} = \frac{I_{eff}}{\sin \alpha} = \frac{J_{eff}}{\begin{cases} \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \varphi' - \alpha\right) \\ \sin\left[\frac{\pi}{2} - (\varphi' - \varphi + \alpha)\right] \\ \cos(\varphi' - \varphi + \alpha) = \cos(\varphi - \varphi' - \alpha). \end{cases}}$$

De même dans le triangle $OK'a$:

$$\frac{2 I_{2eff}}{\cos(\varphi - \varphi')} = \frac{J_{eff}}{\sin \gamma} = \frac{I_{eff}}{\cos(\varphi - \varphi' + \gamma)}.$$

Nous aurons donc finalement les deux systèmes :

$$\text{(I)} \qquad \frac{2 I_{1eff}}{\cos(\varphi - \varphi')} = \frac{I_{eff}}{\sin \alpha} = \frac{J_{eff}}{\cos(\varphi - \varphi' - \alpha)}$$

$$\text{(II)} \qquad \frac{2 I_{2eff}}{\cos(\varphi - \varphi')} = \frac{J_{eff}}{\sin \gamma} = \frac{I_{eff}}{\cos(\varphi - \varphi' + \gamma)}$$

systèmes à 4 inconnues $\begin{cases} \alpha, I_{1eff} \\ \gamma, I_{2eff} \end{cases}$

définies par 4 équations. Le problème est donc parfaitement possible.

Résolvons d'abord le système I.

$$\frac{\sin \alpha}{\cos[(\varphi - \varphi') - \alpha]} = \frac{I_{eff}}{J_{eff}} = \frac{\frac{2 U_0}{\sqrt{2} z'} \cos \frac{2\pi}{2m}}{\frac{2 U_0}{\sqrt{2} z} \cos \frac{\pi}{2m}(m-2)} = \frac{z \cos \frac{2\pi}{2m}}{z' \cos \frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

Or

$$\frac{\sin \alpha}{\cos[(\varphi - \varphi') - \alpha]} = \frac{\sin \alpha}{\cos(\varphi - \varphi') \cos \alpha + \sin(\varphi - \varphi') \sin \alpha}$$

$$= \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos(\varphi - \varphi') + \sin(\varphi - \varphi') \operatorname{tg} \alpha} = \frac{z \cos \frac{2\pi}{2m}}{z' \cos \frac{\pi}{2m}(m-2)}.$$

Or

$$\operatorname{tg} \alpha \times z' \cos \frac{\pi}{2m}(m-2) = z \cos \frac{2\pi}{2m} \cos(\varphi - \varphi') + z \cos \frac{2\pi}{2m} \sin(\varphi - \varphi') \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha \left[z' \cos \frac{\pi}{2m}(m-2) - z \sin(\varphi - \varphi') \cos \frac{2\pi}{2m}\right] = z \cos(\varphi - \varphi') \cos \frac{2\pi}{2m}$$

d'où

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{z \cos(\varphi - \varphi') \cos \frac{2\pi}{2m}}{z' \cos \frac{\pi}{2m}(m-2) - z \sin(\varphi - \varphi') \cos \frac{2\pi}{2m}}$$

$$= \frac{z \cos(\varphi - \varphi') \dfrac{\cos \frac{2\pi}{2m}}{\cos \frac{\pi}{2m}(m-2)}}{z' - \dfrac{z \sin(\varphi - \varphi) \cos \frac{2\pi}{2m}}{\cos \frac{\pi}{2m}(m-2)}}.$$

Or

$$\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)=\cos\left(\frac{\pi m}{2m}-\frac{2\pi}{2m}\right)=\cos\left(\frac{\pi}{2}-\frac{2\pi}{2m}\right)=\sin\frac{2\pi}{2m}$$

$$\cos\frac{2\pi}{2m}=\sin\frac{\pi}{2m}(m-2),$$

d'où

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{z\cos(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{z'-z\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)},$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{\frac{z}{z'}\cos(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{1-\frac{z}{z'}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}.$$

Nous avons vu tout à l'heure que :

$$\alpha=\frac{\pi}{2m}(m-2)+\varphi-\Psi$$

de même que :

$$\gamma=\frac{2\pi}{2m}+\varphi'-\Psi'.$$

Considérons l'expression de $\operatorname{tg}\alpha$. On a évidemment :

$$\alpha=\frac{\pi}{2}-\frac{2\pi}{2m}+\varphi-\Psi \qquad \text{donc} \qquad \Psi=\frac{\pi}{2}-\frac{2\pi}{2m}+\varphi-\alpha;$$

$$\operatorname{tg}\Psi=\operatorname{tg}\left[\frac{\pi}{2}-\left(\frac{2\pi}{2m}+\alpha-\varphi\right)\right],$$

$$\operatorname{cotg}\Psi=\operatorname{tg}\left(\frac{2\pi}{2m}+\alpha-\varphi\right)=\operatorname{tg}\left[\left(\frac{2\pi}{2m}-\varphi\right]+\alpha\right).$$

Connaissant donc la tg de l'angle α nous aurons facilement l'angle Ψ du décalage de U_1 et I_1 par la formule précédente.

Calcul de I_1. — On a vu que :

$$2I_{1\,\text{eff}}=\frac{I_{\text{eff}}\cos(\varphi-\varphi')}{\sin\alpha}$$

d'où

$$I_{1\,\text{eff}}=\frac{I_{\text{eff}}\cos(\varphi-\varphi')}{2\sin\alpha}.$$

Or

$$I_{\text{eff}}=\frac{2U_0}{\sqrt{2}\,z'}\cos\frac{2\pi}{2m}.$$

Calculons $\sin\alpha$:

$$\sin\alpha=\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\pm\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}.$$

Posons :

$$\frac{z}{z'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)=a$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{a\cos(\varphi-\varphi')}{1-a\sin(\varphi-\varphi')}$$

$$\sin\alpha=\frac{\dfrac{a\cos(\varphi-\varphi')}{1-a\sin(\varphi-\varphi')}}{\sqrt{1+\dfrac{a^2\cos^2(\varphi-\varphi')}{1+a^2\sin^2(\varphi-\varphi')-2a\sin(\varphi-\varphi')}}}$$

$$=\frac{\dfrac{a\cos(\varphi-\varphi')}{1-a\sin(\varphi-\varphi')}}{\dfrac{\sqrt{1+a^2\sin^2(\varphi-\varphi')+a^2\cos^2(\varphi-\varphi')-2a\sin(\varphi-\varphi')}}{1-a\sin(\varphi-\varphi')}}$$

$$=\frac{a\cos(\varphi-\varphi')}{\sqrt{1+a^2-2a\sin(\varphi-\varphi')}}$$

$$\sin\alpha := \frac{\frac{z}{z'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)\cos(\varphi-\varphi')}{\sqrt{1+\left(\frac{z}{z'}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)-2\frac{z}{z'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)\sin(\varphi-\varphi')}}.$$

On aura donc :

$$I_1 = \frac{I_{\text{eff}}\cos(\varphi-\varphi')}{2\sin\alpha}$$

$$I_1 = \frac{2U_0\cos\frac{2\pi}{2m}\cos(\varphi-\varphi')\sqrt{1+\left(\frac{z}{z'}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)-2\frac{z}{z'}\times\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}}{2\sqrt{2}\,z'\frac{z}{z'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)\cos(\varphi-\varphi')}$$

$$I_1 = \frac{U_0\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}{\sqrt{2}\,z}\sqrt{1+\left(\frac{z}{z'}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)-2\frac{z}{z'}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

car

$$\frac{\cos\frac{2\pi}{2m}}{\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)} = \frac{\sin\frac{\pi}{2m}(m-2)}{\frac{\sin\frac{\pi}{2m}(m-2)}{\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}} = \cos\frac{\pi}{2m}(m-2).$$

Résolution du système II. — Calculons $\operatorname{tg}\gamma$. On a :

$$\frac{\sin\gamma}{\cos(\varphi-\varphi'+\gamma)} = \frac{J_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \frac{\sin\gamma}{\cos(\varphi-\varphi')\cos\gamma-\sin\gamma\sin(\varphi-\varphi')}.$$

Or

$$\frac{J_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \frac{z'\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}{z\cos\frac{2\pi}{2m}} = \frac{\operatorname{tg}\gamma}{\cos(\varphi-\varphi')-\operatorname{tg}\gamma\sin(\varphi-\varphi')}$$

ou

$$\operatorname{tg}\gamma\times z\cos\frac{2\pi}{2m} = z'\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\cos(\varphi-\varphi')-z'\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\operatorname{tg}\gamma\sin(\varphi-\varphi')$$

$$\operatorname{tg}\gamma\left(z\cos\frac{2\pi}{2m}+z'\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\sin(\varphi-\varphi')\right) = z'\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\cos(\varphi-\varphi')$$

d'où l'on tire après simplification :

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\cos(\varphi-\varphi')}{1+\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}.$$

Nous aurons de même pour I_2 :

$$2I_{2\text{eff}} = \frac{J_{\text{eff}}\cos(\varphi-\varphi')}{\sin\gamma} = J_{\text{eff}}\cos(\varphi-\varphi')\frac{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\gamma}}{\operatorname{tg}\gamma}$$

$$2I_{2\text{eff}} = \frac{J_{\text{eff}}\cos(\varphi-\varphi')\sqrt{1+\frac{\left(\frac{z'}{z}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{2\pi}{2m}\cos^2(\varphi-\varphi')}{1+\left(\frac{z'}{z}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{2\pi}{2m}\sin^2(\varphi-\varphi')+2\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}}}{\frac{\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\cos(\varphi-\varphi')}{1+\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}}.$$

Or

$$J_{eff} = \frac{2U_0}{z\sqrt{2}} \cos \frac{\pi}{2m}(m-2)$$

$$I_{2eff} = \frac{U_0 \cos \frac{\pi}{2m}(m-2)}{z'\sqrt{2}} \qquad \frac{\cos(\varphi-\varphi')}{\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\cos(\varphi-\varphi')} \sqrt{1+\left(\frac{z'}{z}\right)^2 \operatorname{tg}^2\frac{2\pi}{2m} + 2\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}$$

$$I_{2eff} = \frac{U_0 \cos \frac{2\pi}{2m}}{\sqrt{2}\,z'} \sqrt{1+\left(\frac{z'}{z}\right)^2 \operatorname{tg}^2\frac{2\pi}{2m} + 2\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}$$

Rassemblons les 4 valeurs intéressantes de : $\operatorname{tg}\alpha$, $\operatorname{tg}\gamma$, I_1 et I_2

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{z}{z'}\cos(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{1-\frac{z}{z'}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\frac{z'}{z}\cos(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}}{1+\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}$$

$$I_{1eff} = \frac{U_0 \cos \frac{\pi}{2m}(m-2)}{\sqrt{2}\,z} \sqrt{1+\left(\frac{z}{z'}\right)^2 \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2) - \frac{2z}{z'}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

$$I_{2eff} = \frac{U_0 \cos \frac{2\pi}{2m}}{\sqrt{2}\,z'} \sqrt{1+\left(\frac{z'}{z}\right)^2 \operatorname{tg}^2\frac{2\pi}{2m} + 2\frac{z'}{z}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}}$$

Formons le rapport $\frac{I_1}{I_2}$. Pour cela posons :

$$\frac{z}{z'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2) = \frac{1}{\mu}$$

ou encore

$$\mu = \frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m} \qquad \text{car} \qquad \operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m} = \cot\frac{\pi}{2m}(m-2)$$

d'où

$$\frac{I_{1eff}}{I_{2eff}} = \mu \sqrt{\frac{1+\frac{1}{\mu^2}-2\frac{1}{\mu}\sin(\varphi-\varphi')}{1+\mu^2+2\mu\sin(\varphi-\varphi')}}$$

$$= \sqrt{\frac{\mu^2+1-2\mu\sin(\varphi-\varphi')}{\mu^2+1+2\mu\sin(\varphi-\varphi')}}$$

Cherchons à titre d'application la condition qui doit être réalisée pour avoir :

$\frac{I_{1eff}}{I_{2eff}} = 1$ (conservation des valeurs des courants).

Nous aurons :

$$\frac{I_1^2{}_{eff}}{I_2^2{}_{eff}} = 1 = \frac{\mu^2+1-2\mu\sin(\varphi-\varphi')}{\mu^2+1+2\mu\sin(\varphi-\varphi')}$$

ce qui donne la relation :

$$4\mu\sin(\varphi-\varphi') = 0.$$

Applications. — *Courants triphasés* : $m=3$. — On a :

$$\mu = \frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2\times 3} = \frac{z'}{z}\sqrt{3}$$

La relation précédente devient :

$$4\sqrt{3}\frac{z'}{z}\sin(\varphi-\varphi') = 0$$

et donne :

$$\sin(\varphi-\varphi') = 0 \qquad \text{ou} \qquad \varphi = \varphi'.$$

Cas du diphasé. — $m = 4$.

$$\mu = \frac{z'}{z} \operatorname{tg} \frac{2\pi}{2 \times 4} = \frac{z'}{z} \times 1$$

d'où

$$\frac{z'}{z} \sin(\varphi - \varphi') = 0$$

ou

$$\sin(\varphi - \varphi') = 0 \qquad \varphi = \varphi'.$$

Conclusions. — Nous avons pu calculer les valeurs des courants modifiés en fonction des données de la question et déterminer les conditions à réaliser pour que ces valeurs soient les mêmes.

Nous allons nous occuper maintenant des décalages de ces courants entre eux.

Décalage des courants I_1 et I_2. — On a évidemment :

$$\alpha = \frac{\pi}{2m}(m-2) + \varphi - \Psi \quad (\Psi \text{ décalage de } U_1 \text{ p/r à } I_1)$$

$$\gamma = \frac{2\pi}{2m} - \Psi' + \varphi' \quad (\Psi' \quad \text{»} \quad U_2 \quad \text{»} \quad I_2)$$

De la première égalité l'on tire :

$$\Psi = \frac{\pi}{2m}(m-2) + \varphi - \alpha.$$

De la deuxième égalité l'on tire :

$$\Psi' = \frac{2\pi}{2m} + \varphi' - \gamma$$

d'où

$$\Psi - \Psi' = \frac{\pi}{2m}(m-4) + (\varphi - \varphi') - (\alpha - \gamma).$$

Avant l'introduction du tronçon commun, les deux courants I_1 et I_2 étaient décalés respectivement de $\frac{2\pi}{m}$ l'un par rapport à l'autre. Après ils le sont de

$$\frac{2\pi}{m} + \Psi - \Psi'.$$

Suivant que $\Psi - \Psi' > 0$ ou $\Psi - \Psi' < 0$, les courants I_1 et I_2 seront écartés ou rapprochés l'un de l'autre.

Si $(\alpha - \gamma) > \frac{\pi}{2m}(m-4) + (\varphi - \varphi')$, on aura :

$$\Psi - \Psi' < 0$$

d'où

$$\frac{2\pi}{m} + \Psi - \Psi' < \frac{2\pi}{2m} \quad \text{(courants rapprochés).}$$

Si $(\alpha - \gamma) < \frac{\pi}{2m}(m-4) + (\varphi - \varphi')$, on aura :

$$\Psi - \Psi' > 0 \quad \text{(courants écartés).}$$

Donc, si

$$\operatorname{tg}(\alpha - \gamma) > \operatorname{tg}\left[\frac{\pi}{2m}(m-4) + (\varphi - \varphi')\right],$$

courants rapprochés.

Si $\operatorname{tg}(\alpha - \gamma) < \operatorname{tg}\left[\frac{\pi}{2m}(m-4) + (\varphi - \varphi')\right]$,

courants écartés.

Or

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{z}{z'}\cos(\varphi - \varphi')\cot\frac{2\pi}{2m}}{1 - \frac{z}{z'}\sin(\varphi - \varphi')\cot\frac{2\pi}{2m}}$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\frac{z'}{z}\cos(\varphi - \varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}}{1 + \frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi - \varphi')}$$

Donc

$$\operatorname{tg}(\alpha - \gamma) = \frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\gamma}{1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\gamma}$$

$$\operatorname{tg}(\alpha - \gamma) = \frac{\dfrac{\frac{z}{z'}\cos(\varphi - \varphi')\cot\frac{2\pi}{2m}}{1 - \frac{z}{z'}\sin(\varphi - \varphi')\cot\frac{2\pi}{2m}} - \dfrac{\frac{z'}{z}\cos(\varphi - \varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}}{1 + \frac{z'}{z}\sin(\varphi - \varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}}}{1 + \dfrac{\cos^2(\varphi - \varphi')}{1 - \sin^2(\varphi - \varphi') + \left[\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m} - \frac{z}{z'}\cot\frac{2\pi}{2m}\right]\sin(\varphi - \varphi')}}$$

$$= \frac{\frac{z}{z'}\cos(\varphi - \varphi')\cot\frac{2\pi}{2m} + \sin(\varphi - \varphi')\cos(\varphi - \varphi') - \frac{z'}{z}\cos(\varphi - \varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m} + \cos(\varphi - \varphi')\sin(\varphi - \varphi')}{1 - \sin^2(\varphi - \varphi') + \cos^2(\varphi - \varphi') + \left[\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m} - \frac{z}{z'}\cot\frac{2\pi}{2m}\right]\sin(\varphi - \varphi')}$$

$$= \cos(\varphi - \varphi')\frac{\left(\frac{z}{z'}\cot\frac{2\pi}{2m} - \frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\right) + 2\sin(\varphi - \varphi')}{2\cos^2(\varphi - \varphi') + \sin(\varphi - \varphi')\left(\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m} - \frac{z}{z'}\cot\frac{2\pi}{2m}\right)}$$

Posons :

$$\frac{z}{z'}\cot\frac{2\pi}{2m}-\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}=\varpi$$

On aura :

$$\operatorname{tg}(\alpha-\gamma)=\cos(\varphi-\varphi')\frac{\varpi+2\sin(\varphi-\varphi')}{2\cos^2(\varphi-\varphi')-\sin(\varphi-\varphi')\varpi}.$$

Pour que les courants I_1 et I_2 soient rapprochés, il faut que :

$$\operatorname{tg}(\alpha-\gamma)>\operatorname{tg}\left[\frac{\pi}{2m}(m-4)+(\varphi-\varphi')\right]$$

ou que :

$$\cos(\varphi-\varphi')\left(\frac{\varpi+2\sin(\varphi-\varphi')}{2\cos^2(\varphi-\varphi')-\varpi\sin(\varphi-\varphi')}\right)>\operatorname{tg}\left[\frac{\pi}{2m}(m-4)+(\varphi-\varphi')\right]$$

$$>\frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-4)+\operatorname{tg}(\varphi-\varphi')}{1-\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-4)\operatorname{tg}(\varphi-\varphi')}$$

Posons :

$$\varphi-\varphi'=\delta$$

$$\frac{\pi}{2m}(m-4)=\frac{\pi}{2}-\frac{2\pi}{m}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-4)=\cot\frac{2\pi}{m}$$

La condition pour que I_1 et I_2 se rapprochent ou s'éloignent sera donnée par :

$$\cos\delta\left(\frac{\varpi+2\sin\delta}{2\cos^2\delta-\varpi\sin\delta}\right)\gtreqless\frac{\cot\frac{2\pi}{m}+\operatorname{tg}\delta}{1-\cot\frac{2\pi}{m}\operatorname{tg}\delta}$$

Il viendra donc :

$$\left[\frac{\varpi+2\sin\delta}{2\cos\delta-\varpi\operatorname{tg}\delta}\right]\gtreqless\frac{\cot\frac{2\pi}{m}+\operatorname{tg}\delta}{1-\cot\left(\frac{2\pi}{m}\right)\operatorname{tg}\delta}$$

ou enfin

$$\left[1-\cot\left(\frac{2\pi}{m}\right)\operatorname{tg}\delta\right][\varpi+2\sin\delta]\gtreqless\left[\cot\left(\frac{2\pi}{m}\right)+\operatorname{tg}\delta\right][2\cos\delta-\varpi\operatorname{tg}\delta].$$

Développons cette inégalité :

soit

$$\frac{2\pi}{m}=\chi$$

$$[1-\cot\chi\operatorname{tg}\delta][\varpi+2\sin\delta]\gtreqless[\cot\chi+\operatorname{tg}\delta][2\cos\delta-\varpi\operatorname{tg}\delta]$$

$$\varpi+2\sin\delta-\varpi\operatorname{tg}\delta\cot\chi-2\cot\chi\frac{\sin^2\delta}{\cos\delta}\gtreqless2\cot\chi\cos\delta+2\operatorname{tg}\delta\cos\delta-\varpi\operatorname{tg}\delta\cot\chi-\varpi\operatorname{tg}^2\delta$$

$$\varpi(1+\operatorname{tg}^2\delta)+2\sin\delta(1-1)+\cot\chi[-2\operatorname{tg}\delta\sin\delta-2\cos\delta]\gtreqless0$$

$$\varpi(1+\operatorname{tg}^2\delta)+\cot\chi\left[-2\frac{\sin^2\delta}{\cos\delta}-2\frac{\cos^2\delta}{\cos\delta}\right]\gtreqless0$$

$$\varpi(1+\operatorname{tg}^2\delta)+\cot\chi\left[-\frac{2}{\cos\delta}\right]\gtreqless0$$

ou enfin

$$\varpi(1+\operatorname{tg}^2\delta)-2\frac{\cot\chi}{\cos\delta}\gtreqless0$$

$$\varpi\left[\frac{\cos^2\delta+\sin^2\delta}{\cos^2\delta}\right]-2\frac{\cot\chi}{\cos\delta}\gtrless 0$$

$$\frac{\varpi}{\cos^2\delta}-2\frac{\cot\chi}{\cos\delta}\gtrless 0$$

ce qui donne en multipliant par $\cos^2\delta$:

$$\varpi\gtrless 2\operatorname{cotg}\chi\cos\delta \qquad \chi=\frac{2\pi}{m}.$$

Cas particuliers. — *Cas du triphasé* : $m=3$.

$$\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{m}=\operatorname{cotg}\frac{360}{3}=\operatorname{cotg}120^\circ=\frac{1}{\operatorname{tg}120^\circ}$$

$$=-\frac{1}{\operatorname{tg}60^\circ}=-\frac{1}{\sqrt{3}}$$

Dans ce cas :

$$\varpi=\frac{z}{z'}\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{2m}-\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}$$

$$=\frac{z}{z'}\operatorname{cotg}60^\circ-\frac{z'}{z}\operatorname{tg}60^\circ;$$

$$\operatorname{tg}60^\circ=\sqrt{3}$$

donc

$$\varpi=\frac{z}{z'\sqrt{3}}-\frac{z'}{z}\sqrt{3};\qquad \text{posons } \frac{z'}{z}=\rho$$

$$\varpi=\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}$$

On a :

$$\varpi\gtrless 2\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{m}\cos\delta$$

ou

$$\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}\gtrless -2\frac{\cos\delta}{\sqrt{3}}$$

ou

$$\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\cos\delta\gtrless 0$$

Si $\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\cos\delta>0$, l'écart est accru.

Si $\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\cos\delta<0$, l'écart des courants est diminué.

En particulier, pour la conservation de l'écart des courants, on devra réaliser la condition

$$\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\cos\delta=0.$$

Dans le cas particulier où $\delta=0$, $\varphi=\varphi'$, condition qui, comme l'avons vu, correspond à l'égalité des courants, nous avons :

$$\frac{1}{\rho\sqrt{3}}-\rho\sqrt{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}=0$$

ou

$$3\rho^2-2\rho-1=0$$

qui admet pour racines

$$\rho_1=+1,\quad \rho_2=-\frac{1}{3}.$$

La première, seule, convient. On voit qu'elle correspond à l'égalité de z et z', donc à un cas qu'il est impossible de réaliser pratiquement.

Conclusion. — 1. *Valeurs des courants.* — En résumé, les courants ne gardent les mêmes valeurs avant et après la modification que si

$$\frac{I_{1\,\text{eff}}}{I_{2\,\text{eff}}}=1,\quad \text{c.-à-d. si}\quad 1=\frac{\mu^2+1-2\mu\sin(\varphi-\varphi')}{\mu^2+1+2\mu\sin(\varphi-\varphi')}$$

avec

$$\mu=\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{\pi}{m}.$$

Si $\frac{\mu^2+1-2\mu\sin(\varphi-\varphi')}{\mu^2+1+2\mu\sin(\varphi-\varphi')}>1$, le courant en retard $I_{1\,\text{eff}}$ est plus grand que le courant en avance. Au contraire I_2, courant en avance, est plus grand que I_1, courant en retard, si

$$\frac{\mu^2+1-2\mu\sin(\varphi-\varphi')}{\mu^2+1+2\mu\sin(\varphi-\varphi')}<1$$

Dans le cas du diphasé $\left(\frac{\pi}{m}=\frac{\pi}{4}\right)$ l'égalité des courants ne peut être obtenue que si $(\varphi-\varphi')=0$.

Dans le cas du triphasé, cette inégalité est encore plus probable, $\operatorname{cotg}\frac{\pi}{m}=\operatorname{cotg}\frac{\pi}{3}=\frac{1}{\sqrt{3}}$. Donc pour $(\varphi-\varphi')$ faible en valeur absolue, le courant en retard est diminué.

2. *Déphasage des courants entre eux et par rapport aux tensions.* — Ces déphasages ψ et ψ' des courants par rapport aux tensions se calculent.

Cas du diphasé. — $m=4$. — Nous aurons toujours la formule générale

$$\varpi\gtrless 2\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{m}\cos\delta$$

avec ici

$$\varpi=\frac{z}{z'}\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{2m}-\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}$$

$$\operatorname{cotg}\chi=\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{m}=\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{4}=\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2}=0.$$

Donc

$$\varpi \gtreqless 0.$$

Or

$$\varpi = \frac{z}{z'}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{4} - \frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{\pi}{4}$$

$$\varpi = \frac{z}{z'} - \frac{z'}{z} = \frac{z^2 - z'^2}{zz'}$$

Nous aurons ainsi :

$$\frac{z^2 - z'^2}{zz'} \gtreqless 0 \quad \begin{matrix} > \text{courants rapprochés} \\ < \text{courants écartés} \end{matrix}$$

Remarquons que $\psi = \frac{\pi}{2m}(m-2) + \varphi - \alpha$

$$\psi' = \frac{2\pi}{2m} + \varphi' - \gamma.$$

Nous avons appris à calculer α et γ. Les vecteurs courants sont plus écartés après la transformation qu'avant si

$$\varpi - 2\operatorname{cotg}\frac{2\pi}{m}\cos\delta > 0.$$

Ils le sont moins si la quantité ci-dessus est négative.

Observations. — Cas du diphasé. — On peut, au moins dans quelques cas particuliers simples, voir d'une manière saisissante l'influence de l'introduction dans la ligne de ce tronçon commun. En effet considérons deux récepteurs, chacun de résistance r et dépourvus de self-induction, et supposons pour simplifier que le tronçon ajouté ait une résistance R mais aucune réactance. Nous allons voir que, dans ce cas même exceptionnellement favorable, l'écart des courants $I_{1\,\text{eff}}$ et $I_{2\,\text{eff}}$ sera encore accru, bien que ces courants gardent néanmoins, dans la déformation du diagramme, la même valeur.

Nous aurons toujours, les courants I_{eff} et J_{eff} étant alors en phase avec les tensions génératrices, à composer $r'I_{\text{eff}}$ avec $r'J_{\text{eff}}$. Il est facile de voir que la résultante $2rI_{\text{eff}}$ passera en-dessous de $OA = U_1^0$ et fera un angle ψ_1 avec cette dernière direction. Nous aurons ainsi un décalage de $I_{1\,\text{eff}}$ en arrière de $U_{1\,\text{eff}}$, car $\operatorname{tg}\psi_1 = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right)$ et

$$\frac{I_{\text{eff}}}{\sin\alpha} = \frac{J_{\text{eff}}}{\cos\alpha}. \qquad \operatorname{tg}\alpha = \frac{I_{\text{eff}}}{J_{\text{eff}}} = \frac{U_0\sqrt{2}}{r'}\cdot\frac{r}{U_0\sqrt{2}} = \frac{r}{r'}.$$

Donc décalage de l'angle

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right) = \frac{1 - \operatorname{tg}\alpha}{1 + \operatorname{tg}\alpha}$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{r' - r}{r' + r}.$$

Ainsi, dans les cas de courants diphasés travaillant sur des résistances pures avec tronçon commun, nous aurons un décalage du courant en avant $I_{2\,\text{eff}}$, en avant de la tension génératrice $U_{2\,\text{eff}}$, et du courant en retard $I_{1\,\text{eff}}$, en arrière de la tension génératrice $U_{2\,\text{eff}}$, ces deux décalages étant donnés par les valeurs

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \operatorname{tg}\psi_2 = \frac{r' - r}{r' + r}.$$

Cas du triphasé. — Considérons toujours deux phases d'un système triphasé travaillant sur résistances pures,

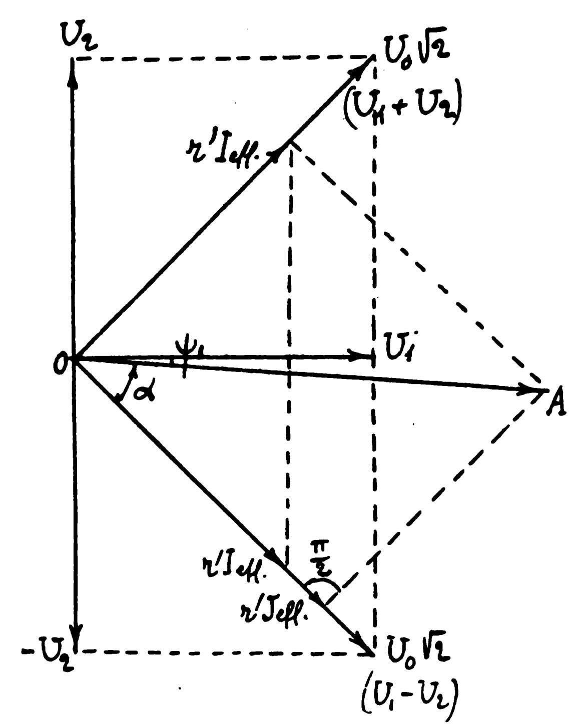


Fig. 6.

nous pourrons encore, suivant le même mécanisme, obtenir la valeur de $r'I_{\text{eff}}$.

On voit que

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\left(\frac{60^\circ}{2} - \psi_1\right)$$

or

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{r'I_{\text{eff}}}{r'J_{\text{eff}}}$$

ou aisément encore

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{r}{r'}.$$

On voit que, tant que

$$r < r', \quad \operatorname{tg}\alpha < \frac{1}{\sqrt{3}};$$

au contraire quand

$$r = r', \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} = \operatorname{tg}30^\circ.$$

Donc

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{6} - \alpha\right)$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} - \operatorname{tg}\alpha}{1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{3}}} = \frac{r'-r}{3r'+r}\sqrt{3}.$$

La conclusion est donc simple.

Conclusion. — Dans le cas de récepteurs distincts avec tronçons communs, même dépourvus tous de réactance, soumis à deux tensions diphasées, un déphasage existe du courant en retard $I_{1\,\mathrm{eff}}$ (déphasage en arrière de la tension génératrice), et un autre déphasage du courant en avance $I_{2\,\mathrm{eff}}$ existe en avant de la tension génératrice.

La valeur commune des déphasages est donnée par :

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \operatorname{tg}\psi_2 = \frac{r'-r}{r'+r}.$$

Cas particulier de circuits purement ohmiques. — On voit par les diagrammes que les courants sont modifiés en valeur et que, de plus, ils sont écartés.

Calcul du décalage de I_1. — (Courant en retard). — Rappelons les résultats trouvés précédemment :

$$\alpha = \frac{\pi}{2m}(m-2) + \varphi - \psi_1$$

d'où $$\psi_1 = -\alpha + \frac{\pi}{2m}(m-2) + \varphi$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{z}{z'}\cos(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{1 - \frac{z}{z'}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

et appliquons ces formules dans notre cas particulier. Elles vont se simplifier, car :

$$z = r, \qquad z' = r' = r + 2R, \qquad \varphi = \varphi' = 0$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{r}{r'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{1-0} = \frac{r}{r'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)$$

$$\psi_1 = \frac{\pi}{2m}(m-2) - \alpha, \qquad \operatorname{tg}\psi_1 = \frac{-\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{1 + \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{-\frac{r}{r'}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2) + \operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}{1 + \frac{r}{r'}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)(r'-r)}{r' + r\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

ψ_1 étant positif dans le cas du retard de I_1 sur U_1.

Modification de I_1. — Avant couplage du tronçon commun, on a

$$I_1 = \frac{U_1}{r'};$$

après couplage :

$$I'_1 = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{z}\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\sqrt{1 + \left(\frac{z}{z'}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2) - 2\frac{z}{z'}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

ou ici :

$$I'_1 = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{r}\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\sqrt{1 + \frac{r^2}{r'^2}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)}$$

$$\Delta I_1 = I_1 - I'_1 = U_{\mathrm{eff}}\left[\frac{1}{r'} - \frac{\cos\frac{\pi}{2m}(m-2)}{r}\sqrt{1 + \frac{r^2}{r'^2}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)}\right]$$

$$\Delta I_1 = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{r'}\left(1 - \cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\sqrt{\frac{r'^2}{r^2} + \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)}\right)$$

Calcul du décalage de I_2 (Courant en avance). — On a :

$$\gamma = \frac{2\pi}{2m} + \varphi' - \psi_2$$

et $$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\cos(\varphi-\varphi')}{1 + \frac{z'}{z}\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}\sin(\varphi-\varphi')}$$

Ici ces formules deviennent :

$$\psi_2 = \frac{2\pi}{2m} - \gamma$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{r'}{r}\operatorname{tg}\frac{\pi}{m}$$

$$\operatorname{tg}\psi_2 = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{m} - \operatorname{tg}\gamma}{1 + \operatorname{tg}\frac{\pi}{m}\operatorname{tg}\gamma} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{m} - \frac{r'}{r}\operatorname{tg}\frac{\pi}{m}}{1 + \frac{r'}{r}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m}} = \frac{(r-r')\operatorname{tg}\frac{\pi}{m}}{r + r'\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m}}$$

Calcul de la modification de I_2. — Avant couplage

$$I_2 = \frac{U_{2\,\mathrm{eff}}}{r'};$$

après couplage :

$$I'_2 = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{z'}\cos\frac{\pi}{m}\sqrt{1 + \left(\frac{z'}{z}\right)^2\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m} + 2\frac{z'}{z}\sin(\varphi-\varphi')\operatorname{tg}\frac{2\pi}{2m}}$$

$$I'_2 = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{r'}\cos\frac{\pi}{m}\sqrt{1 + \frac{r'^2}{r^2}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m}}$$

$$\Delta I_2 = I_2 - I'_2 = \frac{U_{eff}}{r'}\left(1 - \cos\frac{\pi}{m}\sqrt{1 + \frac{r'^2}{r^2}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m}}\right).$$

Résultats :

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2)(r'-r)}{r' + r\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{m}(r'-r)}{r'\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m} + r}$$

en remarquant que

$$\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2) = \operatorname{cotg}\frac{\pi}{m}$$

$$\operatorname{tg}\psi_2 = \frac{(r-r')\operatorname{tg}\frac{\pi}{m}}{r + r'\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m}}$$

ψ_1 et ψ_2 sont égaux et de signes contraires.

$$\Delta I_1 = \frac{U_{eff}}{r'}\left(1 - \cos\frac{\pi}{2m}(m-2)\sqrt{\frac{r'^2}{r^2} + \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{2m}(m-2)}\right)$$

$$\Delta I_2 = \frac{U_{eff}}{r'}\left(1 - \cos\frac{\pi}{m}\sqrt{1 + \frac{r'^2}{r^2}\operatorname{tg}^2\frac{\pi}{m}}\right).$$

Applications. — Cas du diphasé. $m = 4$.

$$\operatorname{tg}\frac{\pi}{m} = \operatorname{tg}45° = 1$$

$$\operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2) = \operatorname{tg}\frac{2\pi}{8} = 1$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{r'-r}{r+r'}$$

$$\operatorname{tg}\psi_2 = \frac{r-r'}{r+r'} = -\operatorname{tg}\psi_1$$

$$\Delta I_1 = I_1\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{\frac{r'^2}{r^2} + 1}\right) \quad \text{valeur} < 0, \text{ car } r' > r$$

et

$$\sqrt{\frac{r'^2}{r^2} + 1} > \sqrt{2}.$$

Donc le *courant I_1 est augmenté* et *retardé*.

$$\Delta I_2 = I_2\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{1 + \frac{r'^2}{r^2}}\right)$$

même remarque.

Le *courant I_2 est augmenté* et *avancé*.

Cas du triphasé. $m = 3$.

$$\frac{\pi}{2m}(m-2) = \frac{\pi}{6} = 30° \quad \operatorname{tg}\frac{\pi}{2m}(m-2) = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\pi}{m} = \operatorname{tg}\frac{\pi}{3} = \operatorname{tg}60° = \sqrt{3}$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}(r'-r)}{r + \frac{r}{\sqrt{3}^2}} = \frac{r'-r}{3r'+r}\sqrt{3}$$

$$\operatorname{tg}\psi_2 = \frac{(r-r')\sqrt{3}}{r+3r'}.$$

Les décalages sont encore égaux en valeur absolue.

$$\Delta I_1 = I_1\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{\frac{r'^2}{r^2} + \frac{1}{3}}\right)$$

$$\text{valeur} < 0, \text{ car } r' > r \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{r'^2}{r^2} + \frac{1}{3}} > \frac{2}{\sqrt{3}}$$

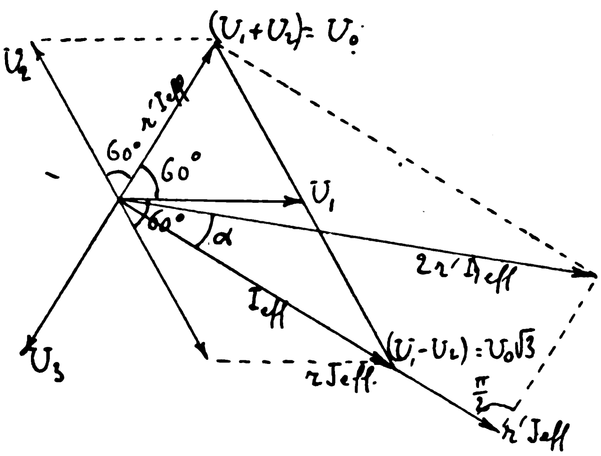


Fig. 7.

$$\Delta I_2 = I_2\left(1 - \frac{1}{2}\sqrt{1 + 3\frac{r'^2}{r^2}}\right)$$

$$< 0 \text{ car } \sqrt{1 + 3\frac{r'^2}{r^2}} > 2.$$

L. Barbillion.

ESSAIS ÉLECTRIQUES DES ISOLANTS

Les essais auxquels il faut soumettre les isolants dépendent essentiellement de l'usage que l'on veut faire de ceux-ci [1].

Jusqu'en ces derniers temps, l'essai électrique s'est généralement limité à l'épreuve de la rigidité diélectrique; mais il a été reconnu que cette épreuve ne suffit pas, surtout dans les conditions où on l'effectue ordinairement : qu'il faut y tenir compte de la forme des électrodes, et de l'objet même ainsi que de la température et de l'état hygrométrique de la substance, et que l'on doit le compléter par une détermination de la résistance d'isolement, de l'hystérésis diélectrique, etc.

Résistance d'isolement. — La résistance d'isolement peut se déterminer au moyen du pont de Wheatstone, au moyen d'un galvanomètre ou à l'aide du Megger.

La méthode du pont de Wheatstone n'est utilisable

(1) M. E. Tressler, Ingénieur au Laboratoire de Pittsfield de la General Electric Company. Methods of testing. *General Electric Review*, mars 1913, p. 150.

qu'exceptionnellement, parce qu'elle ne convient bien que pour la détermination de faibles résistances.

Le système du galvanomètre est le procédé le plus précis et celui qui donne les meilleurs résultats pour les hautes résistances.

Le procédé du Megger est le plus simple et le plus rapide et il est utilement employé pour la détermination des résistances moyennes.

Dans tous les cas, on doit prendre soigneusement la température du corps essayé, la résistance diminuant sensiblement lorsque la température augmente.

Rigidité diélectrique. — Pour éprouver la rigidité diélectrique d'un isolant, on le soumet à une tension croissante entre deux électrodes de forme et de dimensions données; le moyen le plus simple et le plus pratique, pour obtenir la tension variable nécessaire, est d'employer un générateur réglé par le champ (fig. 1); il est nécessaire que la courbe de tension soit bien sinusoïdale.

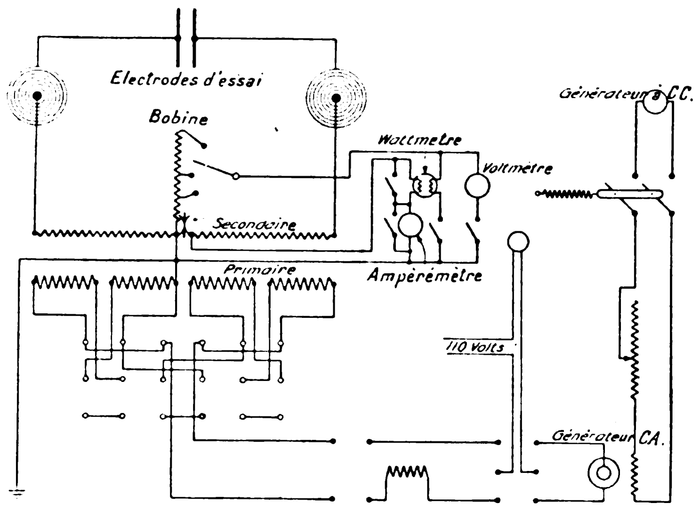


Fig. 1.

Lorsque l'on veut opérer avec une puissance assez forte, la réalisation de ce désidératum peut présenter des difficultés; on recourt alors à une disposition où le primaire du transformateur élévateur est branché sur une résistance variable, non inductrice.

La détermination de la tension appliquée peut se faire, soit au générateur, soit directement du côté haute tension du transformateur, au moyen d'un éclateur ou d'une bobine de galvanomètre, mise à la terre ou isolée (fig. 1); c'est cette dernière méthode qui est la plus avantageuse.

Lorsque l'on donne les résultats des essais, il est nécessaire de spécifier sous quelle épaisseur la matière a été essayée, d'indiquer quelles étaient la forme et les dimensions des électrodes, la forme du corps essayé, la nature des électrodes; de mentionner si l'essai a été fait dans l'air ou dans l'huile; de donner la température à laquelle se trouvait la matière, le degré hygrométrique de l'air, le temps pendant lequel la tension a été appliquée et la fréquence de la tension.

Pour une matière essayée entre des électrodes de surface limitée, la tension nécessaire pour produire la disruption n'augmente pas proportionnellement à l'épaisseur, c'est pourquoi il ne suffit pas de donner la rigidité diélectrique par unité d'épaisseur et il faut indiquer l'épaisseur sous laquelle on a opéré.

La forme des électrodes influe sur la tension de disruption, parce qu'elle régit la distribution du flux entre les électrodes; la disruption se produit de préférence sur le pourtour de l'électrode, de sorte que la surface à considérer est une surface proportionnelle au rayon du plat de l'électrode, et non au carré de ce rayon, comme cela aurait lieu si la distribution était uniforme; la concentration périphérique du flux est d'autant plus marquée que le rayon de courbure du bord est plus faible.

Équation de la courbe de tension. — D'après ce qui est dit ci-dessus, cette équation peut être mise sous la forme suivante :

$$e = e_0 x \left(1 - \frac{\varphi' R x}{\varphi'' r}\right)$$

dans laquelle

e, tension de disruption;

e_0, rigidité diélectrique;

x, épaisseur de l'isolant;

R, rayon du plat de l'électrode;

r, rayon du bord.

Pour une électrode appointie, $R = 0$ et $r = 0$; pour une électrode sphérique, $R = 0$ et $r =$ rayon de la boule.

Dans l'air, si l'on fait l'essai entre des électrodes pointues, la distribution du flux est concentrée et l'effet de la couronne est intense, de sorte que l'isolant s'échauffe; avec des boules, les mêmes effets se produisent, moins marqués; avec des disques à bords droits, le flux est concentré aux angles, mais le phénomène de la couronne est plus marqué et la distribution est plus uniforme.

Dans l'huile, la distribution du flux est toujours plus uniforme et il y a intérêt à employer des disques à bords arrondis.

Si l'on opère sur des cylindres isolants, avec des électrodes cylindriques coaxiales, le rapport entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur pour lequel on obtient la tension de décharge maxima est théoriquement de 2,718; en pratique, cependant, il varie entre 3 et 6.

On pourrait supposer que le diamètre intérieur est en quelque sorte augmenté par l'effet du phénomène de la couronne ou par les effluves; mais cette hypothèse n'est pas confirmée par l'observation; l'anomalie constatée s'explique peut-être par une augmentation de la constante diélectrique avec l'accentuation du gradient de tension.

La tension de disruption varie généralement en raison inverse de la température; cela est exact pour la généra-

lité des isolants solides pour un grand nombre de liquides.

L'effet de la durée de l'application de tension consiste probablement dans l'échauffement de la matière, combiné avec une fatigue moléculaire; pour les isolants soumis à une tension alternative élevée, il se produit une perte par hystérésis diélectrique qui se traduit par un échauffement.

La tension de disruption est plus faible aux hautes fréquences qu'aux faibles; mais la différence n'est pas appréciable pour les fréquences usuelles.

Constante diélectrique. — Le courant de charge d'un condensateur étant proportionnel à la capacité, on peut déduire la constante diélectrique d'un isolant quelconque en comparant le courant de charge que l'on obtient avec cet isolant avec celui qui s'établit avec l'air entre des armatures données.

Soient i, courant de capacité; f, fréquence; c, capacité et e, tension, on a

$$i = 2\pi f c e$$

La mesure est exacte pour autant que la courbe de tension soit une sinusoïde et pour autant que les pertes diélectriques ne soient pas appréciables.

La détermination de la capacité peut se faire au moyen du pont de Maxwell, qui comporte l'emploi d'un commutateur rotatif; mais pour la pratique la méthode du pont d'Anderson vaut mieux parce qu'elle est plus rapide; le condensateur y est mis en balance avec une inductance variable et des résistances et l'on emploie un buzzer ou un alternateur à haute fréquence pour la production du courant nécessaire.

Le schéma de l'installation est donné par la figure 2 :

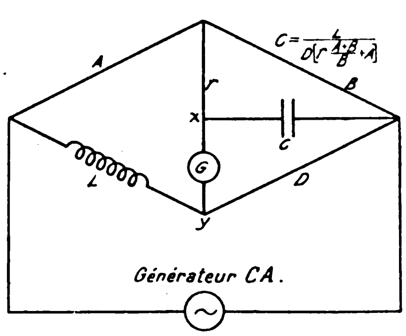


Fig. 2.

C, est la capacité à mesurer; L, une inductance variable; A, B, D et r les résistances; G, le galvanomètre ou l'écouteur téléphonique; celui-ci donne de très bons résultats lorsque l'on opère avec des courants de fréquence comprise entre 600 et 800 p : s (750 de préférence) pour lesquelles la sensibilité de l'ouïe est maxima; on obtient ces courants au moyen d'un commutateur rotatif; le buzzer donne des courants de fréquence moindre.

La relation entre les divers éléments est donnée par la formule

$$C = \frac{L}{D\left(r\,\frac{A+B}{B} + A\right)}$$

L'exactitude de cette formule est toutefois compromise par le fait des pertes qui peuvent se produire à travers l'isolant.

Pertes d'énergie dans l'isolant. — Cette question n'a pas encore été élucidée; les pertes ne se manifestent qu'aux très hautes tensions ou bien sur du matériel où

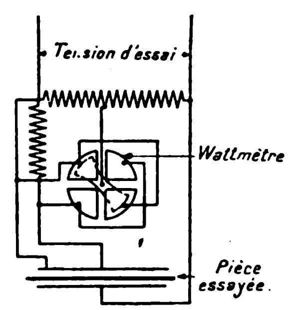


Fig. 3.

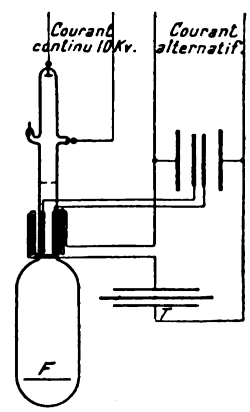


Fig. 4.

les surfaces isolantes sont étendues (câbles); elles sont toujours difficiles à mesurer parce qu'elles n'apparaissent qu'avec des tensions élevées.

L'une des premières méthodes employées fut celle du wattmètre électrostatique (fig. 3); on peut aussi opérer d'après le montage indiqué à la figure 4, en reliant la

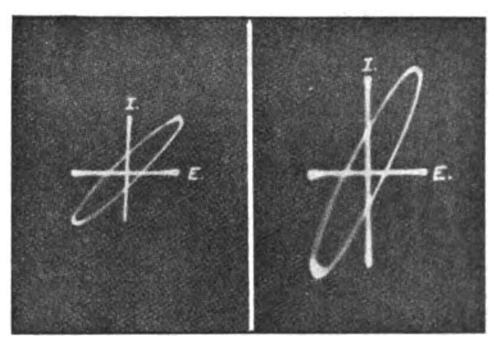


Fig. 5.

bobine du voltmètre du transformateur directement à la bobine de tension du wattmètre, l'enroulement à haute tension du transformateur étant interrompu en son point milieu pour être relié à la bobine d'intensité du wattmètre.

Dans la disposition montrée figure 5, on emploie un tube à rayons cathodiques, sur lequel on fait agir le champ électrostatique et le champ magnétique du circuit, de manière qu'ils fassent dévier les rayons cathodiques en sens contraire l'un de l'autre; l'action combinée des

deux champs fait décrire à la trace sur l'écran fluorescent une courbe fermée; l'étendue de la surface limitée par les courbes est proportionnelle aux pertes.

La figure 5 montre des courbes relevées dans ces conditions pour un même isolant respectivement sous 31 300 et 3700 volts [1]. H. MARCHAND.

L'EXPOSITION ANNUELLE
DE LA
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

L'Exposition de la Société française a eu, cette année, son succès habituel ; nous en profiterons pour rassembler et décrire ici les appareils les plus nouveaux des différents constructeurs.

Comme d'ordinaire, les appareils de physique, de radioactivité, de radiographie, de radiothérapie, de diathermie et de radio-télégraphie étaient largement représentés à cette exposition.

Parmi les applications de l'électricité à l'éclairage, nous citerons les économiseurs Weissmann, les procédés Dussaud (lumière froide), les lampes en quartz à vapeur de mercure de MM. Poulenc frères, Tian et Billon-Daguerre; M. Billon-Daguerre présentait des dispositifs originaux d'application des lampes en quartz à la stérilisation.

M. Gabreau exposait divers dispositifs d'auto-régulation pour l'éclairage électrique par moteurs à vitesse variable.

Les accumulateurs étaient représentés par différents types d'éléments de la Société pour le travail électrique des métaux et par les nouveaux types d'accumulateurs Edison. D'après les concessionnaires, la capacité des accumulateurs Edison augmenterait avec le temps de fonctionnement pendant plusieurs années, et l'entretien se réduirait au maintien du niveau du liquide au moyen d'eau distillée; les éléments étant étanches, il suffirait de remplacer l'électrolyte tous les ans environ pour remédier à la très faible carbonatation.

Dispositif d'émission Magunna à notes musicales. — Le dispositif d'émission à notes musicales employé par M. Magunna dans ses postes légers de télégraphie sans fil présente une réelle originalité. Ces postes sont alimentés par une génératrice à courant continu, actionnée directement par un moteur électrique ou un moteur à explosion d'une puissance d'un kilowatt environ.

Le courant de cette génératrice, shuntée par une capacité, alimente un circuit dans lequel sont disposés en série un convertisseur Magunna, le primaire du transformateur et le manipulateur Morse; le convertisseur fait fournir à la génératrice un courant ondulatoire isochrone.

Le principe du convertisseur est le suivant (fig. 1) : un diapason *d* est maintenu *mécaniquement* en vibrations continues au moyen d'un *archet mécanique* constitué par une courroie qui attaque l'arête *a* du diapason en l'*effleurant*; l'attaque de la courroie a lieu à rebrousse-poil par

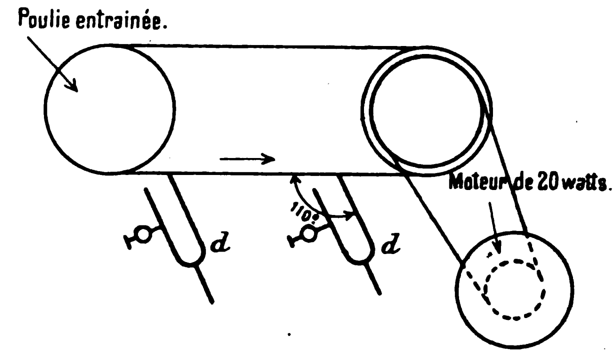


Fig. 1. — Diapason entretenu mécaniquement.

rapport à la branche attaquée du diapason : l'angle d'attaque est d'environ 110°. La courroie sans fin passe sur deux poulies à gorge dont l'une est entraînée par un petit moteur électrique de 20 w alimenté par la génératrice du poste. La tension et l'attaque de la courroie se règlent en déplaçant la poulie entraînée.

Les diapasons (fig. 2) sont à lames de contact atones et définissant géométriquement le contact de la lame et de la borne; un condensateur monté en dérivation aux bornes du vibreur supprime l'étincelle de rupture.

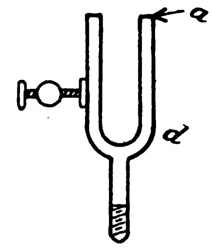


Fig. 2.

La fréquence du courant obtenu est égale à celle du diapason; on obtient ainsi des notes musicales de périodicité rigoureusement isochrone. Le type normal est à deux fréquences : 640 et 768 vibrations doubles par seconde; on passe de l'une à l'autre par la manœuvre d'un interrupteur. Pour les types extra-légers employés en aviation, on n'emploie que l'une des fréquences.

Système Gacogne pour télégraphie sur lignes à haute tension. (*Société industrielle des Téléphones*). — Ce système de télégraphie consiste à envoyer des signaux Morse en utilisant comme conducteur les lignes à haute tension elles-mêmes. Pour cela, on constitue dans chaque poste un point neutre artificiel au moyen de trois condensateurs (fig. 3); si l'on vient mettre alors à la terre l'un des conducteurs par l'intermédiaire d'une grande résistance, le potentiel du point neutre prendra une valeur élevée par rapport à celui de la terre; si ce point neutre est réuni à l'armature fixe d'un appareil Cardew dont l'autre armature est supportée à l'une des extrémités d'un fléau de balance relié à la terre, le fléau basculera et pourra fermer un circuit local contenant un récepteur Morse, et ce récepteur marquera un signal

[1] M. E. Tressler, Methods of testing. *General Electric Review*, mars 1913, p. 150.

tant que le conducteur de ligne demeurera relié à la terre. Cette mise à la terre est effectuée pendant tout le temps que l'on appuie sur le manipulateur Morse; pour cela, la fermeture du manipulateur alimente un relai qui met le conducteur à la terre en fermant un interrupteur à huile. Grâce à la commande mécanique isolée de cet interrupteur, les appareils de télégraphie ont en tous point un potentiel constamment voisin de celui de la terre.

La Société des Téléphones exposait également l'appa-

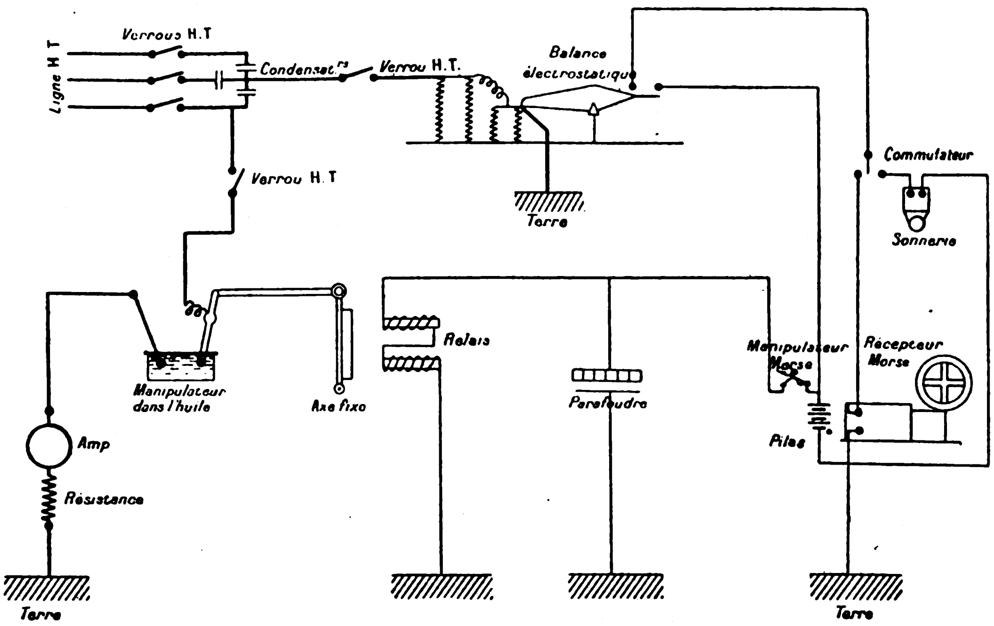


Fig. 3. — Télégraphie sur lignes à haute tension. Système Gacogne.

reil d'essais de câble de M. Léauté fondé sur la résonance. (Voy. *L'Industrie electrique*, n° 482, 25 janvier 1912, p. 45.)

Électromètre Crémieu. — (Voy. *L'Industrie électrique*, n° 513 du 10 mai, page 218.)

Électromètre Szilard. — *Principe.* — L'aiguille, au potentiel de la cage, sert simultanément d'index rigide et d'équipage mobile attiré par un secteur chargé. Le couple antagoniste est fourni par un spiral cylindrique suspendant l'aiguille pivotant sur pierres.

Construction. — Un ruban de métal (fig. 4) très étroit (0,5 mm) forme les deux ailes de l'aiguille, dont l'un affecte la forme d'un secteur de cercle; l'autre est droit et pointu. L'aiguille est découpée en une seule pièce, puis équilibrée; son épaisseur est de 0,03 mm; son poids 0,002 gr environ; elle est traversée par un axe très court d'un diamètre de 0,08 mm, tournant sur pivots et contre-pivots en rubis; un ajustage parfait exclut tout jeu d'axe supérieur à 0,01 mm.

L'axe X (fig. 4) est fixé à l'extrémité d'un spiral cylindrique R pareil à ceux employés pour le balancier des chronomètres, mais bien plus faible (épaisseur 0,01 mm; largeur 0,15 mm; poids total 0,006 g). L'extrémité supérieure du spiral R est portée par une petite virole V coulissant autour d'une tige T portée par en haut par un pont P' et terminée en bas par le pivot et contre-pivot; le spiral entoure librement cette tige et sert à suspendre l'équipage mobile (aiguille et axe) en même temps que sa flexion constitue la force antagoniste. Il est de toute importance que, dans les déformations du spiral, son centre, de même que son centre de gravité, restent toujours sur l'axe; en donnant une forme convenable à la courbe terminale du spiral, on arrive à satisfaire à ces conditions.

Un secteur S représente le *cadran*; il affecte la forme

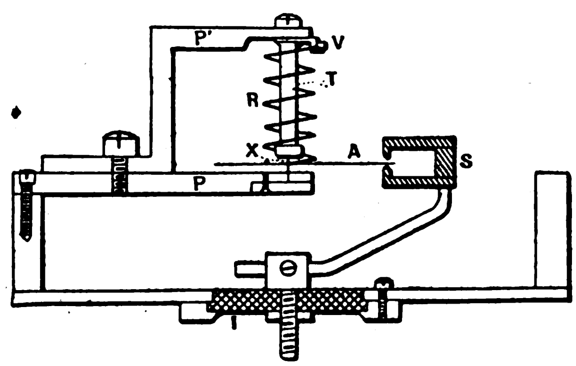


Fig. 4. — Électromètre Szilard (Coupe).

de deux arcs concentriques superposés parallèlement à deux autres arcs identiques; ce système est maintenu isolé au moyen d'une plaque d'ambre I.

Cette forme de cadran est appelée à compenser les forces parasites dues à la forme asymétrique de l'aiguille. En effet, la force attractive d'un secteur, genre Lord Kelvin, ne serait pas dirigée dans le sens de la tangente à celui-ci; l'aiguille serait aussi attirée par son arc dans le

sens perpendiculaire à son axe qui serait assujetti ainsi à un frottement latéral contre les pivots. Dans notre cas, les cercles concentriques extérieurs exercent sur l'arc de l'aiguille une attraction diamétrale égale à celle exercée par le système d'anneaux intérieurs; ainsi, si le réglage

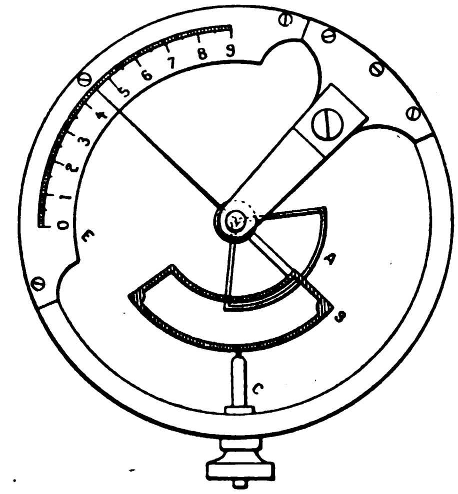


Fig. 5. — Électromètre Szilard. Vue en plan.

est parfait, l'arc se trouvera dans une zone neutre à ce point de vue.

Une tige C, isolée et coulissant dans la paroi de la platine, permet d'amener une charge au secteur, lequel engagera au fur et à mesure la partie circulaire de l'aiguille et fera déplacer l'index sur l'échelle graduée E, placée directement en dessous.

Nouvel oscillographe de M. Blondel. — Comme dans l'oscillographe de l'an dernier, le système optique est à deux lentilles cylindriques, de foyer différent, augmentant beaucoup l'éclairement des spots. Le nouveau modèle se distingue par les dispositifs suivants :

La lampe à arc, placée au-dessus de l'appareil, comporte deux charbons verticaux parallèles; l'allumage se fait par un contact mobile.

Les zéros sont enregistrés automatiquement avant et après l'inscription au moyen de relais qui coupent à ce moment les courants des vibreurs.

Les courbes sont visibles pendant l'inscription : pour cela, une partie du faisceau réfléchi par le vibreur vient frapper, par l'intermédiaire d'une lentille, un miroir tournant à quatre faces qui le renvoie sur l'écran dépoli.

On peut augmenter la sensibilité, mais uniquement pendant l'inscription, au moyen d'un relai qui met hors circuit à ce moment des shunts placés aux bornes de chaque vibreur et qui absorbent normalement la moitié ou les deux tiers du courant.

Un nouvel enregistreur à guillotine permet un enregistrement très rapide.

Galvanomètre de résonance de M. Blondel. — L'équipage de ce galvanomètre est constitué par un très petit cadre collé sur une suspension bifilaire; afin de maintenir le galvanomètre en syntonie avec la fréquence du courant, malgré les légères variations de cette dernière, on peut agir à la fois sur la tension du bifilaire (en modifiant le courant dans un électro-aimant tendeur), et sur la longueur du bifilaire (par modification de l'écartement de deux chevalets sur lesquels s'appuient les fils de suspension).

Cet appareil permet l'analyse harmonique des courants alternatifs industriels; pour cela on l'amène successivement à la résonance par rapport à chacun des harmoniques.

M. J. Carpentier. — Parmi les nombreux appareils présentés par la maison Carpentier, nous retiendrons les suivants :

L'*électromètre enregistreur Moulin* est un multicellulaire avec enregistrement continu par plume frottante utilisable avec les courants continus et alternatifs; l'enregistrement à pointé doit être néanmoins substitué à la plume pour les appareils dont la tension maxima mesurable est inférieure à 200 volts.

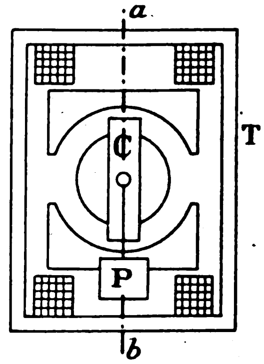


Fig. 6 — Inclinomètre.

L'*inclinomètre Abraham* sert en particulier à vérifier la rectitude des trous de mines et des forages; il comprend un transmetteur et un récepteur.

Le transmetteur, fixé au bout de la barre de mine ou à la place du trépan (fig. 6) se compose d'un petit transformateur T à entrefer dont le secondaire C, mobile autour d'un axe horizontal, est maintenu vertical par un contrepoids P. Le secondaire C est le siège d'une force électromotrice, nulle lorsque l'axe *ab* est vertical, et

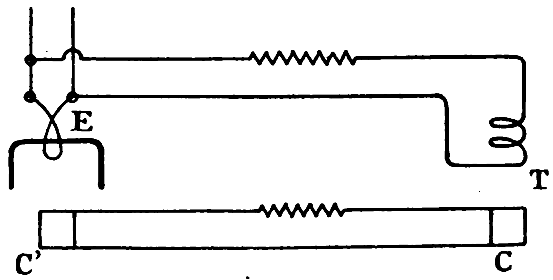


Fig. 7. — Montage de l'inclinomètre.

d'autant plus grande que l'inclinaison de cet axe sur la verticale est plus grande; cette force électromotrice actionne le récepteur C' (fig. 7). Le récepteur, qui a la forme d'un voltmètre gradué en angles, comprend un électro E alimenté en parallèle avec le primaire du transmetteur et un cadre mobile C' relié à C; l'équilibre s'établit pour une position de C' telle que les forces électromotrices induites en C et C' se fassent équilibre.

L'appareil présenté à l'Exposition de la Société de Phy-

sique donnait sa déviation totale pour une inclinaison du transmetteur de 8 degrés.

Un fréquencemètre Abraham, du principe connu, mais de sensibilité triple (25 à 28, 39 à 45, 47 à 53) pour les fréquences usuelles 25, 42 et 50. L'appareil portatif comprend deux parties : le fréquencemètre, d'une part, et, d'autre part, les résistances additionnelles et le petit transformateur; l'appareil présenté est construit pour 110 volts et sa sensibilité est telle que l'on peut apprécier à moins de 1/10 de période les fréquences usuelles.

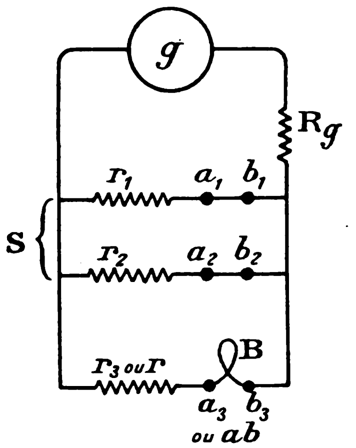


Fig. 8. — Schéma du réducteur Mamlock.

Le *réducteur J. Mamlock* répond au besoin suivant : dans les galvanomètres, on a souvent besoin de changer le pouvoir multiplicateur sans changer la résistance d'amortissement du galvanomètre. Le principe du réducteur est le suivant (fig. 8).

Le galvanomètre de résistance g (comprenant la résistance de réglage R_g) est shunté par les résistances r_1, r_2, r_3 ..., toutes en parallèle; la force électromotrice ou la bobine B dans laquelle se produit une variation de flux est mise en série avec l'une des résistances r_1, r_2, r_3... ; pour cela, on l'intercale par exemple entre les points a_3 b_3; si la résistance entre les points d'intercalation tels que a_3b_3 est négligeable, il est évident que la résistance d'amortissement du galvanomètre demeure la même, quelle que soit celle des résistances r_1, r_2, r_3 dans le circuit de laquelle on a intercalé la force électromotrice ou la bobine.

Il est facile de voir comment varie le courant ou la quantité d'électricité dans le galvanomètre suivant l'intercalation adoptée :

Désignons par r la résistance de la branche dans laquelle se fait l'intercalation entre les points ab; par s la résistance réduite des autres branches à l'exception du galvanomètre. La somme des conductibilités

$$\frac{1}{r}+\frac{1}{s}+\frac{1}{g}=\frac{1}{t}$$

est constante.

Soit R la résistance entre les points ab d'intercalation ; on a :

$$R=r+\frac{gs}{g+s};$$

le pouvoir multiplicateur du shunt est d'ailleurs

$$m=\frac{g+s}{s}.$$

Or, si l'on intercale entre a et b une différence de potentiel U, on a :

$$U=R.m.i,$$

i désignant le courant dans le galvanomètre ;

Si l'on intercale au contraire entre a et b une bobine siège d'une variation de flux $\Delta\varphi$, on a

$$\Delta\varphi=R.m.q,$$

q désignant la quantité d'électricité induite dans la bobine. Dans les deux cas, on voit que c'est le produit Rm qui dose l'intensité ou la quantité d'électricité reçue par le galvanomètre; or,

$$R.m=\left(r+\frac{gs}{g+s}\right).\frac{g+s}{s}=r.\frac{G}{t}.$$

Le produit Rm est donc proportionnel à r.

En réalité, l'intercalation de la force électromotrice ou de la bobine dans l'une des résistances est rendue très facile par le combinateur à plots et fiches de la fig. 9;

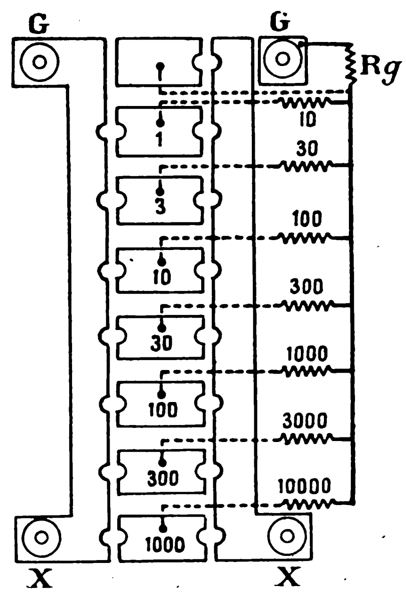


Fig. 9. — Montage du réducteur Mamlock.

l'intercalation se fait entre les bornes XX ; le galvanomètre est branché entre GG et la résistance de réglage du galvanomètre est en R_g.

L'appareil s'emploie avec 7 fiches dont 6 sont placées à la gauche des plots; la 7e est placée à droite du plot correspondant au multiplicateur que l'on veut employer (par exemple 30). Le plot supérieur non marqué sert dans le cas où la résistance du circuit intercalé n'est pas négligeable devant r; la fiche de droite se place alors sur ce plot et l'on fait en sorte que la résistance totale du circuit XX soit égale à celle correspondant au plot marqué dépourvu de fiche.

Le milliampèremètre thermique Chopin est utilisé pour la mesure des petites intensités de courant continu ou alternatif; c'est un galvanomètre Deprez-d'Arsonval

monté sur pivots dont le cadre supporte un couple thermoélectrique chauffé par un solénoïde *chauffeur* que traverse le courant à mesurer; la déviation est évidemment indépendante de la forme du courant pour une intensité efficace donnée.

(*A suivre.*) P. G.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 mars 1913.

Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines, par M. C. Tissot. — Une communication récente de M. Meslin (1) a attiré l'attention sur les phénomènes d'influence qui se produisent entre deux antennes réceptrices voisines.

Nous avons eu l'occasion d'observer des phénomènes tout à fait analogues dans des expériences que nous avons exécutées autrefois et signalées en partie (2).

Nous nous proposions de tracer la courbe de résonnance d'une antenne d'émission excitée en direct en prenant comme résonateur l'antenne réceptrice elle-même A dont on faisait varier la longueur, et dans laquelle était intercalé un bolomètre *a*. Afin de contrôler la constance des émissions, nous nous servions tout d'abord comme témoin d'une antenne fixe B voisine de B, accordée sur l'émission, et reliée à un second bolomètre *b*.

Mais nous avions dû renoncer à employer ce contrôle, du moins sous cette forme, car les déviations du bolomètre *b* de l'antenne fixe B subissaient des variations indépendantes de l'émission du seul fait du changement de longueur de l'antenne variable A.

On observait que, lorsque les antennes A et B étaient toutes deux simples, l'énergie captée par l'antenne fixe B passait par un minimum quand on amenait l'antenne voisine A en résonnance, mais que, lorsque l'antenne variable A était multiple, le minimum de l'énergie reçue par l'antenne simple B correspondait à un certain décalage de l'antenne A en deçà de l'accord.

Ces observations anciennes s'accordent bien avec celles de M. Meslin.

A priori, le premier effet s'interprète aisément en observant que l'antenne A draine à son profit une portion de l'énergie du champ d'autant plus grande qu'elle est plus près de la résonance, ce qui réduit d'autant la portion d'énergie captée par B.

Mais ce n'est là qu'une première approximation.

Le phénomène observé dépend, en effet, et de la valeur respective de la quantité d'énergie captée par chacune des antennes, et de la modification qu'elles font subir, l'une et l'autre, au champ primitif de leur propre rayonnement.

Or, le rayonnement d'une antenne (et réciproquement son *pouvoir absorbant*) est intimement lié aux dimensions électriques de cette antenne.

Il dépend en particulier du facteur $\frac{1}{L\frac{l}{\rho}}$ (l, longueur; ρ, rayon de l'antenne) qui entre dans l'expression du champ au voisinage immédiat d'un oscillateur linéaire (1).

C'est parce que ce facteur a une valeur plus grande pour une antenne à plusieurs brins que pour une antenne simple, qu'une antenne multiple capte une quantité d'énergie plus grande qu'une antenne simple, ainsi que nous l'avons montré par ailleurs (2).

Dans le cas de nos expériences, où nous obtenions la modification de période du système par variation directe de la longueur de l'antenne, la raison de la dissymétrie apparaît immédiatement.

On voit en effet que l'un des déréglages, le déréglage *au delà* de l'accord, produit deux effets qui tendent à rendre le système variable *moins absorbant*, d'abord parce qu'il l'éloigne de la résonance, puis parce qu'il agit dans le sens d'un accroissement du rapport $\frac{l}{\rho}$.

L'autre déréglage, au contraire, le déréglage *en deçà* de l'accord, rend bien toujours le système *moins absorbant* en l'éloignant de la résonance, mais tend à le rendre *plus absorbant* en agissant dans le sens d'une diminution du rapport $\frac{l}{\rho}$.

De sorte que c'est la dissymétrie qui est la règle, et que, même avec deux antennes réceptrices identiques, le minimum de réception de l'antenne fixe accordée ne doit pas se produire *exactement* pour la résonance de l'antenne variable, mais pour un léger décalage de cette antenne *en deçà* de l'accord.

Dans le cas où l'on modifie la période par l'introduction d'une bobine de self, on est conduit à une interprétation analogue qui devient particulièrement simple en faisant intervenir la *résistance d'émission* de l'antenne.

On établit, en effet, que la perturbation produite dans le champ incident par une antenne réceptrice (de résistance ohmique négligeable) est en raison inverse de $\sqrt{1+L\left[\frac{L\omega}{R_e}\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)\right]^2}$, où ω_0 désigne la pulsation de l'onde incidente, ω la pulsation de l'oscillation libre de l'antenne excitée, L la self-induction effective du système récepteur et R_e sa résistance d'émission (3).

R_e varie proportionnellement au carré du rapport $\frac{l}{\lambda}$ de la longueur réelle de l'antenne à la longueur d'onde du système. D'autre part, quand on modifie une antenne par addition de self, $L\omega$ varie sensiblement comme $\sqrt{L}$. Par suite :

(1) *Comptes rendus*, 17 février 1913.

(2) Sur la résonance des systèmes d'antennes. *Annales de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. VII, 1906, p. 463.

(1) H. Poincaré, Conférences sur la T. S. F. à l'École supérieure de télégraphie (édition de *La Lumière électrique*, p. 61).

(2) C. Tissot, *loc. cit.*, p. 511.

(3) Rudenberg, *Ann. der Physik*, t. XXV, 1908, p. 446.

En augmentant la self (déréglage au delà de l'accord) on augmente à la fois $\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)$ et $\frac{L\omega}{R_e}$;

En diminuant la self (déréglage en deçà de l'accord) on augmente $\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2_f}\right)$, mais on diminue $\frac{L\omega}{R_e}$.

De sorte qu'il doit se produire un phénomène analogue à celui que nous avons décrit plus haut.

Toutefois, pour qu'il devienne appréciable et donne lieu à une dissymétrie bien apparente, il faut qu'en agissant sur les selfs respectives de réglage, on produise une variation de $\frac{L\omega}{R_e}$ plus grande pour l'une des antennes que pour l'autre. C'est ce qui se produit quand on a en présence une antenne simple et une antenne multiple, c'est-à-dire deux systèmes pour lesquels le facteur $\frac{L\omega}{R_e}$ a des valeurs très différentes.

ERRATUM. — M. Blondel nous signale une erreur qui s'est glissée dans le texte même de l'Académie, communication du 3 mars, reproduite à la page 242 du précédent numéro.

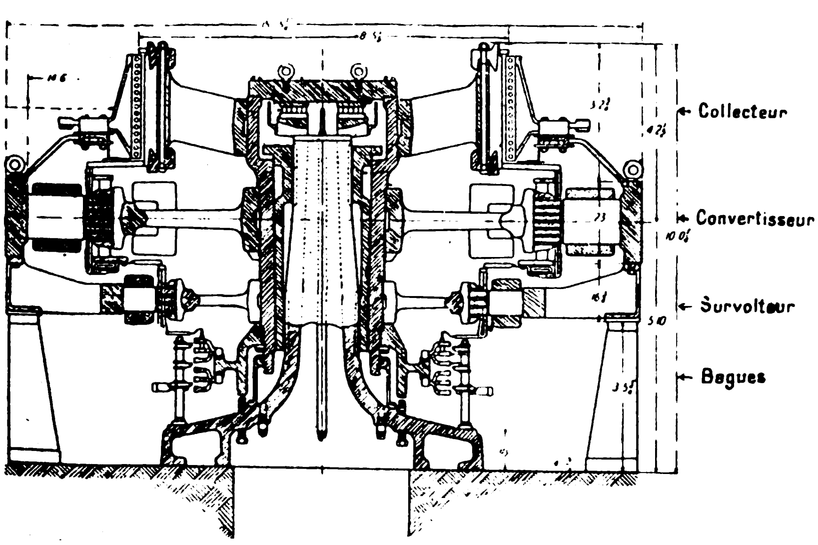
Page 242, 2e colonne, le signe —, qui figure au second membre de l'expression i_d est à remplacer par $+$.

Page 243, colonne 1, le facteur $\frac{kN^2}{2}$ est à remplacer par $\frac{\pi K k N^2}{p}$.

REVUE DE LA PRESSE

DYNAMOS

Commutatrices à pôles auxiliaires. — Malgré les nombreuses objections faites à l'adjonction de pôles auxiliaires aux commutatrices, leur emploi se répand de plus en plus aux États-Unis. Les pôles auxiliaires permettent un accroissement considérable de la faculté de surcharge s'élevant le plus souvent à 200 pour 100 au-dessus de la pleine charge : ils sont presque indispensables pour les commutatrices haute tension 1200 ou 2400 volts employées en traction. La General Electric Cᵒ a livré en avril 1912 une commutatrice de 500 kw, tournant à 1000 tours par minute, transformant du courant triphasé 33,33 périodes en courant continu 1500 volts. Cette machine peut supporter une surcharge de 300 pour 100 et ne doit pas donner d'étincelles entre porte-balais de polarité contraire en cas de court-circuit franc. La puissance des commutatrices à pôles auxiliaires livrées par la Compagnie Westinghouse dépasse 80 000 kw.



D'après Yardley, les pôles auxiliaires permettent d'élever considérablement la puissance par pôle, et l'intensité par jeu de balais. Alors qu'autrefois on ne dépassait pas 150 kw par pôle, on atteint aujourd'hui les chiffres de 250 et de 750 en surcharge instantanée. De même, l'introduction des pôles auxiliaires a permis de pousser la tension entre lames voisines du collecteur des valeurs anciennes de 15 à 16 volts aux valeurs actuelles de 20 à 25 volts. Des anneaux d'équilibre sont disposés en grand nombre dans la machine, avec souvent quatre connexions par rainure.

La table suivante contient une spécification de commutatrices à 25 périodes par seconde.

PUISSANCE NORMALE EN KW.	PUISSANCE EN SURCHARGE EN KW.	TENSION EN VOLTS.	NOMBRE DE POLES.	VITESSE EN TOURS PAR MINUTE.
5000	9000	600	16	187,5
2000	6000	650	12	250
2000	4000	600	8	375
1500	4500	650	8	375
1500	3000	600	6	500
500	1500	1200	4	750

Les pôles auxiliaires sont feuilletés et s'épanouissent à la base au contact avec la carcasse. Ils doivent rester très éloignés de leur limite de saturation, même dans le cas des surcharges citées. Afin de juger si la commutation est bonne et pour le réglage du courant dans les pôles auxiliaires, on mesure en plate-forme la chute de tension entre le collecteur et les balais en différents endroits de la largeur des balais. Lorsque la commutation est bonne, cette chute de tension est à peu près uniforme et égale à 2 volts environ. L'enroulement des pôles auxiliaires est inductif.

La disposition des amortisseurs ayant pour objet d'aider au démarrage en triphasé diffère dans les commutatrices à pôles auxiliaires en ce que la cage de court-circuit est interrompue dans l'intervalle séparant deux pôles principaux. Si l'on néglige cette précaution, un court-circuit se forme autour du pôle auxiliaire qui amortit trop fortement les variations du flux des pôles auxiliaires lorsque la charge varie.

Pour les tensions égales ou supérieures à 1200 volts, il est nécessaire de disposer deux anneaux ou deux disques protecteurs aux extrémités du collecteur, afin d'éviter qu'un arc ne puisse s'amorcer entre les balais et l'enroulement. Le démarrage a lieu d'ordinaire par le côté triphasé sous tension réduite (les degrés de tension étant 1/3, 2/3 et 1/1 de la tension du réseau. L'ensemble de tous les balais du côté continu, y compris deux balais auxiliaires servant à l'excitation, est alors relevé par la manœuvre d'un levier. Un commutateur d'excitation permet d'obtenir la polarité voulue. La tension de démar-

rage des commutatrices à pôles auxiliaires est plus grande que celle des machines correspondantes qui en sont dépourvues. Par contre, la puissance en kilovolts-ampères prise au démarrage avec les balais relevés est beaucoup plus faible, en général de 50 pour 100, et inférieur au nombre des kilovolts-ampères de la pleine charge. Lorsque la commutatrice est amenée à sa vitesse par un moteur auxiliaire, il suffit de la connecter au réseau triphasé à travers une self sans souci de la mise en phase, en court-circuitant toutefois les pôles auxiliaires par un contacteur relié au démarreur. Le bobinage des pôles auxiliaires d'une commutatrice pour installation à trois conducteurs est réparti sur les deux ponts. L'importance des pôles auxiliaires pour les commutatrices à 60 p : s qu'on rencontre souvent en Amérique, est plus grande encore que pour les machines à faible fréquence.

Les types les plus récents de la Westinghouse livrés à la Interborough Rapid Transit Company, New-York, travaillent souvent à 7500 kw (16 pôles, 600 volts, 25 périodes, 187 tours par minute) et fournissent des puissances de pointes de 10500 kw; leur encombrement dépasse à peine celui des anciens convertisseurs de 1500 kw.

La General Electric Company et la Edison C° de Chicago livrent depuis quatre ou cinq ans des commutatrices à axe vertical pour des puissances de 2000 kw, d'encombrement très réduit. Ces machines sont munies de paliers à rouleaux. La Westinghouse C° a livré dernièrement deux commutatrices à axe vertical à 6 pôles, 25 p : s, de 3000 kw, pour transformation de courant triphasé en courant continu, 3 fils (*Electrical World*, page 419, 1912). Ces machines à pôles auxiliaires sont complétées par un survolteur-dévolteur genre Dobrowolsky permettant de faire varier la tension continue de ± 15 pour 100. Le démarrage a lieu d'ordinaire du côté continu.

La figure représente une commutatrice de 3000 kw à 22 pôles et 136 tours par minute; le courant par ligne de balai d'induit est de 410 ampères. Le diamètre extérieur de la machine est de 4700 mm; la hauteur totale de 2500 mm; le diamètre du collecteur de 2600 mm; le diamètre d'induit de 3500 mm; la longueur du fer de l'induit est de 350 mm, de sorte que la constante $C = \frac{\text{nombre de kilowatts}}{D^2 l u} = 5$ (toutes mesures exprimées en mètres). La vitesse périphérique de l'induit est d'environ 24 m par seconde, et celle du collecteur environ 18 m. (*Niethammer*, n° 33, 1912.) M. A.

INSTALLATIONS

Signaux et appareillage pour chemins de fer électriques dans les mines. — M. Heuke décrit une installation de sécurité simple pour les chemins de fer électriques dans les mines. Le fil du trolley est tout d'abord coupé comme à l'ordinaire par un interrupteur à maxima manœuvrable à la main.

En arrière de ce disjoncteur se trouve placé un deuxième interrupteur inaccessible au machiniste, dont les bobines ne sont pas parcourues par le courant du trolley, mais sont excitées par un courant auxiliaire. L'interruption de ce courant provoque instantanément le déclenchement. Afin de pouvoir produire cette interruption au moment voulu, on place un fil auxiliaire, très visible, isolé et porté par des isolateurs rouges le long du fil du trolley. L'une des extrémités de ce fil aboutit à la terre; et l'autre est reliée aux bobines du deuxième interrupteur à travers une batterie. Il suffit de couper ou d'arracher ce fil en cas de danger pressant pour provoquer immédiatement la rupture du courant en même temps qu'une lampe-signal s'allume au poste du machiniste.

Ce dispositif est indépendent du machiniste et peut être considéré comme étant d'un fonctionnement certain. (*É. T. Z.*, n° 34, 1912.) M. A.

Pompes centrifuges à air pour condenseurs. — La simplicité, la sécurité de marche et le faible encombrement de ces pompes leur valent un développement rapide. Ces pompes se divisent en deux catégories :

1° Les pompes à roues d'égale pression dans lesquelles les veines liquides sont projetées directement à partir de la périphérie de la roue de la pompe dans les tuyères du diffuseur sans qu'aucune surpression statique ne soit produite. La totalité de l'énergie tangentielle du liquide est transformée à sa sortie de la roue en énergie cinétique; les aubes de la turbine sont incurvées vers l'avant.

2° Les pompes à surpression qui communiquent au liquide en même temps qu'une vitesse de sortie déterminée un accroissement de pression statique, transformé en force vive dans les tuyères; les aubes de la turbine sont alors recourbées vers l'arrière. Les jets liquides produits par la rotation de la roue entraînent dans les tuyères du diffuseur les particules d'air et les y compriment à la pression atmosphérique.

A la première catégorie appartiennent les pompes A. E. G. et Westinghouse-Leblanc. Les pompes A. E. G. communiquent à l'eau des vitesses de sortie de 30 à 40 m par minute. La consommation de puissance est réduite. Ces pompes conviennent pour les grandes installations de condensation. Une pompe rotative à air de ce système établie pour une installation de condensation de 50 tonnes de vapeur à l'heure absorbe une puissance d'environ 60 kw. Les pompes Westinghouse-Leblanc sont beaucoup plus répandues; elles sont caractérisées par un diamètre de la turbine supérieur à celui des types précédents et par suite par une vitesse angulaire moindre. Les jets d'eau qui abandonnent la turbine sont laminés en disques minces; le mélange d'air et d'eau a lieu dans les tuyères. Une puissance de 1 kw permet l'extraction de 12 à 15 litres d'air à la seconde, soit 33 à 44 m³ à l'heure à partir d'un degré de vide de 95 à 98 pour 100, et la compression correspondante à la pression atmosphérique. Le rendement volumétrique dépend très peu du degré de vide. A débits d'air égaux cette pompe réalise une économie de 20 pour 100 sur le type A. E. G.

La deuxième classe de pompes comprend la construction Thyssen-Pfleiderer. La partie tournante se compose de deux roues à réaction disposées symétriquement, à la sortie desquelles l'eau entre dans un appareil d'évacuation à aubes directrices présentant pour la sortie du liquide une série de tuyères annulaires. Les minces disques d'eau sortant de ces tuyères sont repris dans des tuyères annulaires fixes où ils entraînent et compriment les particules d'air. Une paroi de l'appareil d'évacuation est folle sur l'arbre et se trouve entraînée lors du mouvement de l'eau, ce qui évite toute obstruction et assure à la pompe une section d'écoulement constante. Le mélange d'air et de vapeur est dirigé à son arrivée tangentiellement aux disques liquides, afin d'utiliser l'énergie cinétique du mélange pour le brassage. D'après les indications du constructeur une pompe de 15 kw suffit pour une installation de condensation de 30 tonnes de vapeur à l'heure.

La pompe du constructeur anglais Rees se compose d'un tambour de grande capacité présentant à sa périphérie des tuyères recourbées vers l'arrière (dans le sens de rotation) qui communiquent au liquide, par suite de la force centrifuge, une pression supérieure à la valeur finale nécessaire.

Cette pompe peut être employée comme condenseur à mélange. Une quantité d'énergie de 1 cheval-heure permet l'absorption de 0,76 kg d'air à partir d'un vide de 95 pour 100 et la compression à 1 kg : cm². (*Z. des V. D. I.*, 16 nov. 1912.) M. A.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure.

73165. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 516. 25 Juin 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Utilisation de la puissance hydraulique dans divers pays. — Ligne téléphonique de New-York à San-Francisco. — Statistique des chemins de fer électriques hollandais. — Résistances en silite. — Les inconvénients de la pose des conducteurs seuls dans des tuyaux, dans le cas de courant alternatif. — Détermination de l'augmentation de la température au moyen de mesures de résistances. — Câbles à haute tension 273

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Alençon. Ay. Baisieux. Coaraze. La Bastide-Murat. Nice. Pont-de-Salars. Pont-sur-Sambre. Saint-Laurent. Vitry-le-François 276

Perte d'énergie par luminescence sur les lignes a très haute tension. **A.-R. Garnier** 277

La distribution de l'énergie électrique dans Paris. **R. G.** 280

Amplificateur pour la radio-télégraphie. **Henry**. 282

L'Exposition annuelle de la Société française de physique. — Compagnie des Compteurs. Chauvin-Arnoux. Richard Heller. J. Richard. Marcel Cadiot. Rousselle et Tournaire. Da et Dutilh. 283

Interrupteur a haute tension de construction européenne. **H. M.** 286

La réunion a Paris de l'Institution of Electrical Engineers et de la Société des Électriciens. **C. H.** 288

Académie des sciences. — *Séance du 17 mars 1913* 289

Séance du 25 mars 1913 : Sur la conductibilité électrique du tellure par **Mlle P. Collet**. 289

Séance du 31 mars 1913 290

Séance du 7 avril 1913 : Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure, par **A. Tian**. 290

Séance du 14 avril 1913 : Sur la variation de résistance du sélénium irradié par les rayons X et les rayons du radium, par **Guilleminot** 201

Société internationale des électriciens. — *Séance du 4 juin 1913* : Sur un nouveau perméamètre. — La bauxite et le four électrique. — Détecteur électrolytique 292

Revue de la Presse. — *Installations* : Sous-stations des réseaux à très haute tension. — Contacteur pour courant alternatif. Installations des transformateurs à l'air libre. — *Mesures* : Construction des wattmètres enregistreurs. — *Téléphonie* : Condensateur pour téléphone. — Perturbations des lignes téléphoniques. — *Traction électrique* : Chemin de fer à courant alternatif simple à haute tension et faible fréquence. 293

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin juin sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

Utilisation de la puissance hydraulique dans les divers pays. — Dans un ouvrage que vient de publier M. Robert Pinot, le secrétaire général de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, se trouve le tableau suivant qui permet de comparer la puissance hydraulique disponible à celle aménagée, dans les divers pays.

DÉSIGNATION DES PAYS.	PUISSANCE SUR LES ARBRES DES TURBINES		POUR 100 UTILISÉ.	PUISSANCE DISPONIBLE PAR KM² EN CHEVAUX.
	DISPONIBLE EN CHEVAUX.	AMÉNAGÉE EN CHEVAUX.		
Grande-Bretagne. .	963 000	80 000	8,3	2 60
Allemagne.	1 425 000	445 000	31,2	3 06
Suisse.	1 500 000	380 000	25,0	9 60
Espagne.	5 000 000	130 000	2,6	10 00
Italie	5 500 000	510 000	9,2	10 90
France.	5 857 000	600 000	10,3	15 00
Autriche-Hongrie. .	6 460 000	515 000	8,0	19 00
Suède	6 750 000	550 000	8,2	20 00
Norwège.	7 500 000	550 000	7,3	36 60
Total pour l'Europe.	40 955 000	3 760 000	9,2	»
Etats-Unis	30 000 000	2 000 000	6,6	»
Japon	»	650 000	»	»

Comme le dit *la Houille blanche*, la France, on le voit, est bien partagée au point de vue de l'énergie disponible, elle se trouve en particulier beaucoup mieux placée que l'Allemagne et l'Angleterre par lesquelles elle se trouve actuellement écrasée à cause de leur incomparable richesse en charbon. Cette circonstance permet d'espérer que, si les progrès réalisés par l'électro-chimie et l'électro-métallurgie continuent, notre pays sera plus tard mieux armé pour la lutte et pourra aspirer à une situation plus avantageuse sur le marché européen.

En ne tenant compte que des installations de plus de 500 chevaux, en 1899 la puissance totale aménagée en France était de 115 000 chevaux, en 1902 de 200 000 chevaux, et en 1910 de 600 000 chevaux. La puissance totale aménagée a donc augmenté de 1899 à 1910 dans le rapport de 1 à 5,2.

M. Pinot considère les trois centres importants des usines hydroélectriques, qui sont : 1° celui des Alpes, comprenant 10 départements; 2° celui du Massif central, qui comprend 17 départements et 3° celui des Pyrénées, comprenant 8 départements.

Les aménagements exécutés actuellement et ceux en construction ou en projet, sont indiqués, en chevaux, dans le tableau suivant :

RÉGIONS.	PUISSANCE AMÉNAGÉE.	PUISSANCE DES USINES EN CONSTRUCTION DONT L'INSTALLATION EST DÉCIDÉE.	PUISSANCE DES USINES PROJETÉES.	TOTAUX.
Alpes.	473 000	80 000	600 000	1153 000
Massif central.	51 000	25 000	»	76 000
Pyrénées . . .	58 000	40 000	35 000	130 000
Autres régions.	21 000	»	»	21 000
Totaux . . .	600 000	145 000	635 000	»

La puissance aménagée sera augmentée dans quelques années de 145 000 chevaux, et atteindra donc 750 000 chevaux environ, et plus tard 1400 000 chevaux.

De la puissance aménagée, 70 000 chevaux sont utilisés pour l'électrochimie, 221 000 pour l'électrométallurgie, 301 000 pour la traction, l'éclairage et la fourniture d'énergie motrice et 8000 pour des industries diverses.

M. Pinot estime à 540 000 000 fr le capital engagé dans l'industrie hydroélectrique française en 1910, soit 340 000 000 fr en actions et 200 000 000 fr en obligations. F. L.

Ligne téléphonique New-York—San-Francisco. — L'« American telephon and telegraph C° » procède à la construction d'une ligne téléphonique, avec bobines Pupin, entre New-York et San-Francisco. Le service de cette ligne sera très chargé pendant 5 heures. Il existe en effet entre ces deux villes une différence de temps de 3 heures, de sorte que les affaires ne s'y font simultanément que pendant 5 heures environ.

F. L.

Statistique des chemins de fer électriques hollandais. — D'après la statistique du « Koninkyk Instituut van Ingenieurs », l y a en Hollande, 8 lignes de tramways électriques, 4 lignes de chemins de fer secondaires, analogues à des tramways, et 1 ligne de chemin de fer ordinaire : celle de Rotterdam, La Haye-Scheveningen, d'une longueur de 65 km.

Les données principales sur les tramways et les lignes secondaires sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

VILLES.	NOMBRE DE MILLIERS D'HABITANTS.	NOMBRE DE VOYAGEURS EN MILLIONS.	LONGUEUR EN KM.	LARGEUR DE LA VOIE EN M.	LONGUEUR PAR HABITANT EN KM.	NOMBRE DE VOYAGES PAR HABITANT ET PAR AN.	RECETTE PAR VOYAGEUR EN FR.
Amsterdam	581	78,52	136,3	1,435	0,235	135	0,102
Arnhem.	65	1,28	22,6	1,067	0,348	20	0,672
La Haye	289	33,32	100,9	1,435	0,378	114	0,130
Groningue.	77	2,15	15,0	1,000	0,19.	28	0,115
Harlem	70	2,65	13,0	1,000	0,186	38	0,104
Leyde	76	»	22,5	1,435	0,296	»	»
Nimègue.	57	0,64	9,2	1,067	0,162	11	»
Rotterdam.	169	29,86	108,5	1,435	0,251	64	0,114
Utrecht	121	4,74	30,5	1,435	0,252	39	0,106
Amsterdam-Harlem-Zandvoort . . .	»	2,46	55,8	1,000	»	»	0,437
Enschede-Glanerburg.	»	0,39	11,8	1,000	»	»	0,161
Utrecht-de Bilzeist.	»	0,55	33,5	1,000	»	»	0,437
Zeist-Driebergues . .	»	0,11	10,4	1,067	»	»	0,125

F. L.

Résistances en silite. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 6 mars.) — La Société Siemens frères, de Berlin-Lichtenberg, construit, d'après le procédé du D[r] Égly, des résistances pour rhéostats et appareils de chauffage, en « silite », un composé de silicium et de carbure de silicium, sur lequel M. Kurt Perlewiz donne les renseignements suivants :

On a essayé, ces dernières années, de divers côtés, de fabriquer des matériaux pour le chauffage électrique et les résistances; ceux-ci doivent non seulement être inattaquables à la chaleur, mais encore avoir une bonne conductibilité électrique, pouvant être modifiée au besoin, être compacts, solides, pouvoir être mis sous une forme quelconque, être inattaquables aux acides et ne pas s'abîmer lors des changements brusques de température. Jusqu'ici on n'est pas arrivé encore à obtenir une matière remplissant toutes ces conditions.

En 1893, Acheson est parvenu à fabriquer du carborandum (connu depuis 1819) dont la formule est SiC, en employant du sable de quartz, de la poussière de coke, de la sciure et du sel de cuisine. A la pression ordinaire le carborandum a une texture cristalline hexagonale, il est non fusible, et d'une dureté telle qu'il peut rayer le corindon, le rubis et certaines sortes de diamants.

La fabrication du carborandum ne peut être avantageuse que quand l'énergie électrique est bon marché; les premières fabriques ont été installées aux chutes du Niagara.

Le carborandum est employé pour le polissage, et, comme matière réfractaire, on a souvent essayé de l'utiliser sous forme de barres et de tubes, comme résistance, dans les appareils de chauffage. La grande difficulté était de lui donner la forme voulue, car on ne pouvait y arriver qu'en ajoutant une grande quantité de matière liante, par exemple de l'argile, mais alors les pièces obtenues étaient peu solides et avaient une faible conductibilité électrique.

Le silendum, obtenu par Bölling de Francfort, qui est du charbon transformé, à sa surface ou dans toute son épaisseur, en carbure de silicium, n'a pas non plus donné de bons résultats.

La « silite » fabriquée par la firme Siemens frères, d'après les brevets du D[r] Egly, permet d'obtenir des pièces de formes diverses, ayant non seulement une bonne conductibilité mais encore une grande compacité, qui sont solides et résistent bien à l'action des acides et de la température, et par conséquent, elle répond à de nombreux desiderata de l'électrotechnique.

Le procédé de préparation du D[r] Égly, protégé par les brevets allemands n[os] 176 001, 177 252, 178 456 et 257 468, consiste à mélanger à du carbure de silicium, du silicium à l'état libre ainsi qu'un liant, qui est soit volatilisé, soit carbonisé ensuite, de sorte qu'on peut donner au mélange la forme voulue. En chauffant ensuite, le carbone, qui est libéré, se combine avec le silicium libre. On peut aussi employer comme liant un corps qui reste en tout ou en partie dans la masse; mais en général la présence d'un corps étranger altère les propriétés du mélange de silicium et carbure de silicium.

Après que le mélange a été obtenu, on le comprime à la forme voulue et le chauffe fortement au four électrique jusqu'à ce que l'on obtienne une masse aussi homogène que possible et non poreuse. Il se forme alors, quand le liant a disparu, très probablement un carbure d'ordre inférieur par la combinaison du carbure de silicium et du silicium, comme l'indique la texture cristalline de la masse obtenue.

Outre les avantages signalés, la silite a une conductibilité électrique suffisamment grande, de sorte qu'elle est tout indiquée pour la construction de résistances pour appareils de chauffage.

Ainsi qu'il résulte des nombreux essais auxquels M. Perlewitz a soumis des échantillons de silite, elle peut supporter sans être détériorée des changements soudains de température; quand elle est chauffée au rouge, on peut par exemple jeter

de l'eau dessus sans qu'elle se fendille ou éclate, et sans qu'il en résulte aucun dommage.

Suivant le procédé de préparation, on peut obtenir trois sortes de silite :

1° De la silite pour résistances, pouvant être portée au rouge, qui peut servir par exemple dans le cas de charges momentanées.

2° De la silite pour résistances de chauffage, restant constamment incandescente.

3° De la silite employée comme matière réfractaire, qui peut supporter n'importe quelle variation rapide de température.

La silite n° 1 est employée pour remplacer les résistances en fils métalliques, pour limiteurs de tensions, paratonnerres, pour rhéostats de démarrages, de réglage etc.

Le coefficient d'augmentation de résistance de la silite avec la température est négatif, et d'autant plus grand que la résistivité à température normale est plus élevée.

Outre les avantages physiques et chimiques des résistances en silite par rapport à celles en fils métalliques, elles occupent à peu près le quart de la place, comme le montrent des figures illustrant l'article de M. Perlewitz, ce qui est avantageux par exemple à bord de navires.

On peut construire des résistances réglables en employant une barre de silite à laquelle sont fixés de distance en distance des contacts métalliques sur lesquels appuient des contacts glissants.

On peut aussi disposer des rondelles de silite, isolées, sur une tige en fer, et avoir des contacts glissants qui appuient soit directement sur ces bagues, ou bien ces dernières sont reliées à des pièces métalliques, sur lesquelles appuient les contacts mobiles.

On peut employer une rondelle interrompue en silite, divisée en segments par des contacts métalliques qui y sont fixés et obtenir en faisant tourner un contact glissant, des résistances variables, pour modifier à volonté l'intensité lumineuse d'une lampe à incandescence.

Les pièces en silite de la 2° catégorie servent principalement pour résistances de chauffage, elles peuvent supporter des températures de 1200 à 1400°, d'une longue durée.

Dans l'état actuel de la fabrication, on peut obtenir des pièces dont la résistivité varie entre 5000 et 9000 microhms-cm, à la température ordinaire, et de 1000 à 4000 microhms-cm jusqu'à une température de 1200° et plus. A partir de 900 ou 1000°, la résistivité ne varie presque plus, ce qui est avantageux pour des résistances de chauffage.

Dans ces appareils, il ne doit pas y avoir de résistance de passage entre la pièce de silite et les conducteurs d'amenée, et cette pièce doit pouvoir se dilater librement.

Les extrémités de contact des pièces de silite sont recouvertes d'une couche homogène d'argent et sont soit entourées de fils d'argent, soit munies de pinces en argent qui les serrent.

M. Perlewitz donne ensuite la description d'un grand nombre d'appareils de chauffage dans lesquels les résistances sont constituées par des barres de silite, mises en série ou en parallèle.

On fabrique également des tuyaux de silite d'un diamètre intérieur atteignant 75 millimètres qui peuvent servir de fours, pour porter à l'incandescence des fils, pour faire chauffer des ressorts d'acier que l'on veut tremper. Dans ces fours les amenées de courant sont en fer et munies de dispositifs de refroidissement.

Les tubes ont une durée indéfinie quand ils sont graduellement chauffés jusqu'à 1200°; ils ont encore une très longue durée quand ils sont portés à 1400°.

Les pièces en silite de la 3° catégorie servent de conducteurs électriques exposés à de hautes températures; comme ils sont bons conducteurs de la chaleur et sont insensibles à des variations brusques de température, on les utilise comme enveloppes de protection des pyromètres.

La Société Siemens frères construit également avec ce genre de silite des poêles électriques à rayonnement. F. L.

Les inconvénients de la pose des conducteurs seuls dans des tuyaux, dans le cas de courant alternatif. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 avril.) — Au sujet des essais de M. Bloch, sur les inconvénients de la pose de conducteurs seuls dans des tuyaux, quand ils sont parcourus par un courant alternatif (voy. *L'Industrie électrique*, du 10 mai), M. Paul H. Perl, dans une étude qu'il adresse au journal allemand, fait remarquer que ces inconvénients ne se font pas sentir dans le cas où le tuyau lui-même sert de conducteur de retour.

On a fait, il y a déjà quelques années, dans les ateliers Siemens Schuckert, des essais à ce sujet, en utilisant des tuyaux du système Peschel de 12 mm de diamètre intérieur. On a pris un tuyau de 24 m de longueur et posé à l'intérieur un conducteur de 4 mm² de section, isolé au caoutchouc. A l'une des extrémités le conducteur et le tuyau étaient reliés, et à l'autre extrémité, ils étaient respectivement en communication avec un générateur; on avait donc en somme une boucle de 48 m de long.

En envoyant dans le circuit du courant alternatif d'intensités diverses à la fréquence 50, et du courant continu, on a obtenu les chiffres indiqués dans les deux tableaux ci-après.

COURANT ALTERNATIF.

INTENSITÉ EN AMPÈRES.	CHUTE DE TENSION EN VOLTS — OHMIQUE — DANS LE CONDUIT.	CHUTE DE TENSION EN VOLTS — OHMIQUE — DANS LE TUYAU.	CHUTE DE TENSION EN VOLTS — TOTALE DE LA BOUCLE OHMIQUE ET INDUCTIVE.	FACTEUR DE PUISSANCE.	CONSOMMATION D'ÉNERGIE EN WATTS.
25	2,82	2,94	6,20	0.993	154
18	2,00	2.08	4.35	0.993	77
14.8	1.60	1,67	3,50	0,995	52

COURANT CONTINU.

INTENSITÉ EN AMPÈRES.	CHUTE DE TENSION EN VOLTS — DANS LE CONDUIT.	CHUTE DE TENSION EN VOLTS — DANS LE TUYAU.	CHUTE DE TENSION EN VOLTS — DANS LA BOUCLE.	CONSOMMATION D'ÉNERGIE EN WATTS.
25	2,61	2,72	5,35	154
18	1,88	1,[illegible]6	2,85	69
14,8	1,46	1,50	3,04	43

On voit qu'il n'y a presque pas de déphasage, car le facteur de puissance est à peu près égal à l'unité. La chute de tension est d'environ 16 pour 100 plus grande avec le courant alternatif, ce qui correspond à peu près à 2 pour 1000 de la tension du réseau et est par conséquent sans importance. On voit donc que l'on peut employer sans inconvénient un tuyau Peschel comme conducteur neutre dans une distribution à 3 fils à courant alternatif. F. L.

Détermination de l'augmentation de température au moyen de mesures de résistances. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 17 avril.) — La Société électrotechnique allemande a chargé une commission d'établir de nouvelles règles normales pour la réception des machines électriques, et cette commission vient de déposer un projet.

Entre autres modifications à l'ancien règlement, la com

mission propose d'adopter pour les coefficients de température les valeurs suivantes :

Température à laquelle la résistance est d'abord mesurée en degrés.	Coefficient de température de degrés.
0	0,00427
5	0,00417
10	0,00409
15	0,00401
20	0,00393
25	0,00385
30	0,00378
35	0,00371
40	0,00364

L'ancien règlement disait que l'on devait prendre comme coefficient d'augmentation de résistance, la valeur déterminée à la suite d'essais faits sur le cuivre employé dans la construction des enroulements de la machine ou adopter, si l'on n'avait pas procédé à des essais, la valeur 0,004. F. L.

Câbles à haute tension. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 1er mai.) — L'administration des chemins de fer italiens vient de décider l'installation de câbles à haute tension, en remplacement de lignes aériennes. On posera prochainement un câble à trois conducteurs de 3×40 mm² de section d'une longueur de 70 km pour la ligne Milan—Lecco, à 25 000 v. La Société Pirelli de Milan, qui fournit ce câble, a également reçu la commande d'un câble de 50 km de 3×50 mm² de section à 27 500 v destiné à être posé entre Ronco et Sampierdarena sur la ligne de secours de Giovi; ce câble sera essayé à 85 000 v aux ateliers de construction et à 65 000 v après pose. F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Alençon (Orne). — *Station centrale.* — Une station centrale électrique vient d'être établie à Couternes. Elle a une puissance de 7000 kw. Elle dessert La Ferté-Macé, Bagnoles-de-l'Orne, Tessé-la-Madeleine, etc., et bientôt toutes les communes entre Couternes et Alençon. Elle fournira l'énergie électrique à Domfront, dans tout le département même, et aussi, c'est probable, elle ira jusque dans la Mayenne.

Ay (Marne). — *Syndicat de communes.* — Le comité délégué par la commission intercommunale qui s'est constituée pour l'étude d'un projet d'installation électrique dans la région vient de délibérer et demande à l'administration supérieure de vouloir bien autoriser les communes de Tauxières-Mutry, Châtillon-sur-Marne, Mardeuil, Reuil, Troissy, Magenta, Dizy, Fontaine, Vincelles, Trépail, Moslins, Venteuil, Bouzy, Monthelon, Moussy, Chouilly, Villers-Marmery, Hautvillers, Germaine, Pierry, Vinay, Ambonnay, Saint-Martin-sur-le-Pré, Ville-en-Selve, Cumières, Bisseuil, Aigny, Cuis, Saint-Martin-d'Ablois, Plivot, Morangis, Damery, Vraux, Mareuil-sur-Ay, Saint-Imoges, Vandières, Recy, Romery, Mancy, Juvigny, Œuilly, Louvois, Fleury-la-Rivière, Mareuil-le-Port, Champillon, Ay-Ville, Ay (La Villa), Boursault, Vauciennes, Condé-sur-Marne, Binson-Orquigny, Verneuil, Chavot, Tours-sur-Marne et Villers-sous-Châtillon à se constituer en syndicat conformément à la loi du 22 mars 1890 à l'effet de construire collectivement, un réseau primaire et des réseaux secondaires pour distribution générale d'électricité (éclairage et force motrice).

Éventuellement confier l'exploitation des réseaux ainsi construits à une société fermière qui assurera la fourniture du courant, et, le cas échéant, à créer une station centrale pour produire le courant nécessaire à l'exploitation dudit réseau.

Établir au besoin les services nécessaires, tant pour l'entretien et la conservation du réseau et la fourniture du courant, que pour le contrôle des distributions d'énergie électrique.

Contracter les emprunts communaux nécessaires suivant les cas, pour assurer l'exécution des travaux et l'amortissement de la dépense, étant donné que chaque commune y participerait dans des conditions à déterminer par le syndicat.

Le comité fait valoir que les communes syndiquées ne veulent réaliser aucun bénéfice financier dans l'exécution et le fonctionnement de leur projet, prenant toutes l'engagement après avoir assuré toutes les dépenses y compris l'amortissement des emprunts, d'utiliser l'excédent des recettes, s'il en existe, soit à des réductions successives des prix d'électricité, soit à l'amortissement plus rapide de ces emprunts.

Baisieux (Nord). — *Éclairage.* — M. Duflot, adjoint au maire, membre de la commission de l'éclairage public, a exposé à l'assemblée les avantages qu'il y aurait à adopter l'électricité comme mode d'éclairage public.

Il est décidé de demander à la Compagnie d'électricité de Wasquehal les renseignements nécessaires.

Coaraze (Alpes-Maritimes). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal discutera prochainement le projet d'éclairage électrique de la commune.

Labastide-Murat (Lot). — *Éclairage.* — La municipalité vient de recevoir une proposition d'éclairage électrique municipal de la maison Gazelle de Toulouse.

On espère que le conseil examinera au plus tôt cette proposition, la localité étant dépourvue de tout éclairage.

La force motrice viendrait de la Louysse, rivière distante de 22 kilomètres.

Plusieurs communes seraient disposées à accueillir favorablement cette proposition.

Nice (Alpes-Maritimes). — *Éclairage.* — Le Conseil général a émis le vœu que la commune de Saint-Martin-Vesubie reçoive une large subvention pour la création d'une usine d'éclairage électrique.

Pont-de-Salars (Aveyron). — *Éclairage.* — M. Baulez, meunier à Salars, est nommé concessionnaire de l'éclairage électrique.

Pont-sur-Sambre (Nord). — *Éclairage.* — Le projet d'éclairage électrique étudié dans diverses séances est discuté à nouveau. Le conseil nourrit le ferme espoir de voir ce projet mis à exécution l'hiver prochain.

Saint-Laurent de-Chamousset (Rhône). — *Éclairage.* — Dans une de ses dernières réunions le conseil municipal a chargé le maire de faire les premières démarches auprès des diverses sociétés d'éclairage et de force motrice électrique de la région pour l'installation de l'électricité dans cette commune.

Vitry-le-François (Marne). — *Éclairage.* — Des pourparlers sont engagés entre la municipalité et la Compagnie du gaz la Provinciale dans le but d'installer l'éclairage électrique dans cette ville.

PERTE D'ÉNERGIE PAR LUMINESCENCE

SUR LES

LIGNES A TRÈS HAUTE TENSION

L'adoption de tensions de plus en plus élevées pour le transport de l'énergie à grande distance impose la considération de phénomènes que la pratique ancienne permettait de négliger ou d'ignorer.

L'expérience montre en effet que, si l'on élève progressivement la différence de potentiel appliquée entre deux fils parallèles suffisamment distants ($d > 50\,r$), ces fils se recouvrent à la surface ou à son voisinage d'une gaine lumineuse plus ou moins épaisse suivant le poli du métal et fréquemment désignée sous le nom de phénomène de couronne (corona effect).

Ce phénomène a donné lieu en ces dernières années à de nombreuses recherches d'où nous avons extrait les formules pratiques que l'on trouvera plus loin.

Cependant c'est à l'analyse stroboscopique que doivent être rapportés les résultats les plus intéressants acquis sur sa nature et son mécanisme.

Le stroboscope employé à cet effet se compose d'un disque mobile calé sur l'arbre d'un petit moteur synchrone et comportant, en nombre égal au nombre de paires de pôles du moteur, une succession de fenêtres étroites uniformément réparties. Un second disque, fixe pendant le fonctionnement, mais susceptible de prendre une position de réglage en tournant autour de son centre, dans son propre plan, est disposé parallèlement au premier. Il est percé d'un œilleton permettant d'observer, à travers le disque mobile, l'action sur le conducteur d'une portion déterminée de l'onde de tension alternative appliquée.

Si, après une orientation convenable de l'œilleton par rapport au système inducteur, on examine au stroboscope la luminescence produite par la demi-onde *positive* de tension, l'observation révèle la présence d'une gaine lumineuse, continue, bleuâtre, entourant le conducteur sur la totalité de son parcours. Par contre, la demi-onde *négative* analysée par le même procédé ne produit qu'un chapelet irrégulier d'aigrettes rouges dont la position relative ne paraît obéir à aucune loi connue. Le plus souvent même, après une application prolongée de la tension, cette succession de points lumineux disparaît pour laisser place à une spirale lumineuse accompagnant le fil conducteur sur toute sa longueur.

Il n'est d'ailleurs pas sans intérêt de signaler que, tandis que les aigrettes négatives ont accentué le poli du métal en leur point d'application, les portions de conducteur qui séparent ces points présentent une oxydation superficielle très caractérisée.

On remarquera facilement la similitude de ces observations avec celles auxquelles donne lieu l'application du même procédé au phénomène de luminescence que provoque, avant amorçage de l'arc, l'appareil éclateur à pointes soumis à une différence de potentiel élevée. Le stroboscope révèle à nouveau dans ce dernier cas, la présence à la cathode, d'une courte aigrette rouge et à l'anode d'un long pinceau lumineux s'étendant sur la presque totalité de l'intervalle entre pointes. Par suite de la durée des impressions sur la rétine, l'œil nu

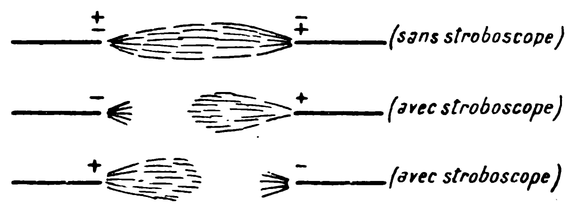


Fig. 1. — Examen du phénomène de luminescence avec et sans stroboscope.

superpose ces deux effets et ne perçoit qu'un unique fuseau lumineux permanent et continu (fig 1.)

Ainsi la luminescence constitue le premier symptôme apparent de la limite d'élasticité de l'air soumis à une différence de potentiel graduellement croissante. Elle précède l'éclatement de l'arc qui correspond à la phase de rupture. Le premier de ces phénomènes n'est cependant perceptible que si l'intervalle d'air entre pointes de l'éclateur ou si l'écartement entre les deux fils de ligne est suffisamment grand. Dans tout autre cas, la première phase du phénomène s'évanouit et l'arc reste la seule manifestation apparente de la rupture du diélectrique.

Ces faits expérimentaux ont été démontrés par la théorie. Nous en donnons ci-dessous une représentation graphique appliquée au cas des deux fils de cuivre poli de 6,5 mm et sur laquelle on vérifiera incidemment la discontinuité du phénomène de lumiscence en deçà du point triple C.

En plus des considérations qui précèdent, il convient de noter que le phénomène de luminescence apparait toujours en premier lieu à la surface du conducteur. C'est, en effet, en ces points superficiels que la densité du champ électrique est le plus élevée, autrement dit que la tension de rupture du diélectrique est le plus grande.

De même que la résistance mécanique d'un métal se mesure par le nombre de kilogrammes : cm² qui provoquent la rupture, la rigidité du diélectrique s'exprime par le gradient de potentiel, autrement dit, le nombre de kilovolts par centimètre à partir duquel il se laisse traverser par l'effluve.

En désignant par g le gradient de potentiel provoqué à la distance x par l'un des deux conducteurs de rayon r, distants de d, d'une ligne monophasée à laquelle est appliqué un potentiel maximum $\pm E$, on a :

$$g = \frac{dE}{dx} = \frac{E}{x \log_e \frac{d}{r}}$$

A la surface du conducteur, on a simplement :

$$g = \frac{E}{r \log_e \frac{d}{r}}$$

Il semble à priori légitime de penser que la valeur g_1 de g, correspondant au potentiel E_1 pour lequel apparaît le phénomène de luminescence, soit uniforme pour tous les conducteurs et égale dans l'air à 30 kv-cm.

L'expérience montre cependant que l'air est *apparemment* plus résistant à la surface des conducteurs de petit

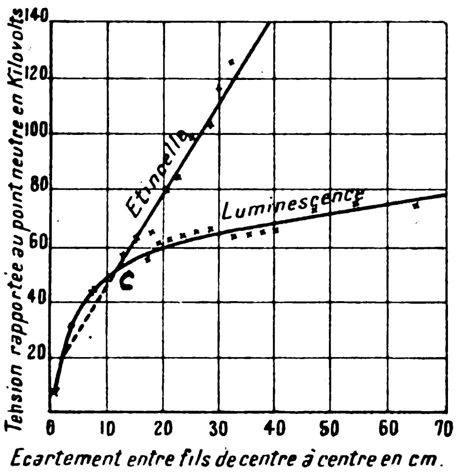


Fig. 2. — Phénomènes de luminescence et d'éclatement entre conducteurs parallèles.

diamètre (fig. 2), autrement dit que le facteur g_1 entrant dans l'expression :

$$E_1 = g_1 - r . \log_e \frac{d}{r}$$

est plus grand pour les conducteurs minces que pour les conducteurs épais.

Cet accroissement *apparent* de la rigidité de l'air était autrefois attribué à une fine pellicule d'air condensée à la surface du conducteur et dont l'influence devenait prépondérante sur les conducteurs de petit diamètre. De récentes expériences pratiquées dans l'air à basse pression semblent confirmer une explication plus plausible sur laquelle nous reviendrons plus loin.

Ces expériences ont montré, en effet, que la rigidité apparente de l'air pouvait être exprimée en fonction du rayon du conducteur par la formule :

$$g_1 = g_0 \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{r}}\right).$$

Ainsi, la tension de rupture à la surface du conducteur varie avec le diamètre, mais acquiert une valeur constante à la distance $0{,}301\sqrt{r}$ cm comptée à partir de la périphérie. Autrement dit :

$$g_1 = \frac{E_1}{(r + 0{,}301\sqrt{r}) \log_e \frac{d}{r}} = 30 \text{ kv-cm}.$$

Cette anomalie peut être expliquée de la façon suivante : à des conditions données de température et de pression correspond une tension de rupture de l'air définie par le gradient g_0 et parfaitement déterminée. Toutefois l'amorçage de cette rupture ou plus exactement de la luminescence exige, pour se produire, l'entretien entre la surface du conducteur et la zone concentrique du rayon $0{,}301\sqrt{r}$, d'une énergie potentielle qui impose à son tour un accroissement de la limite d'élasticié superficielle de g_0 à g_1.

La théorie des électrons confirme cette thèse. Il est en effet possible d'admettre que, dans l'hypothèse où le phénomène de couronne serait une conséquence des ions libres, mobiles dans la direction des forces électriques agissantes, leur nombre augmentera progressivement par collision jusqu'à la distance $0{,}301\sqrt{r}$ de la surface rayonnante à partir de laquelle il deviendra suffisant pour provoquer la luminescence.

D'ailleurs, la valeur de 30 kv-cm donnée à g_0 est définie par les conditions normales de température et de pression, conditions auxquelles correspond une densité relative de l'air égale à l'unité. Dans tout autre cas caractérisé par une température t° C et une hauteur barométrique H, cette densité relative est $\delta = \frac{3{,}9\,H}{273 + t}$, de sorte qu'il devient facile de faire intervenir l'influence de l'altitude, puisque théoriquement le facteur g_0 croit comme δ.

On observera néanmoins que l'intervalle critique étant

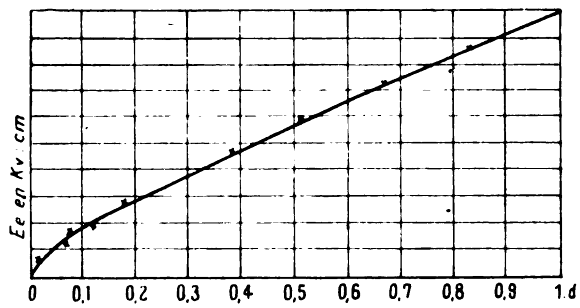


Fig. 3. — Effet de la densité de l'air sur le phénomène de luminescence, (les valeurs observées sont indiquées par une croix ×).

fonction de δ, g_1 ne suit pas la même loi de proportionnalité et que sa forme générale doit être telle que :

$$g_1 = g_0 \, \delta \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{r}\, F(\delta)}\right).$$

Expression qui devient, après expérience :

$$g_1 = 30\, \delta \left[1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta\, r}}\right].$$

L'exactitude de cette formule est vérifiée par le graphique (fig. 3) sur lequel ont été figurés à la fois les résultats donnés par le calcul et l'expérience.

Finalement, on a :

$$E_1 = 30 . \delta . \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta\, r}}\right) r \log_e \frac{d}{r}.$$

Incidemment, on remarquera que cette dernière formule pourrait être employée à la détermination des tensions élevées concurremment avec l'appareil éclateur. Il suffirait pour cela, d'appliquer la tension cherchée à deux fils conducteurs parfaitement polis et de mesurer l'écartement entre fils pour lequel apparaît le phénomène de luminescence. Le rayon des conducteurs, la température et la pression ayant été préalablement observés, la formule fournira après substitution, la valeur absolue du potentiel auquel aura été soumis chacun des conducteurs.

Pour servir aux besoins de la pratique, nous reproduisons les formules ci-après, telles qu'elles ont été publiées par ailleurs en ces dernières années [1] et établies d'après les notations suivantes.

Soit :

δ, la densité relative de l'air;

H, la pression barométrique en cm de mercure;

t, la température en degrés centigrades ;

r, le rayon des conducteurs en cm ;

d, l'écartement entre fils en cm ;

f, la fréquence en cycles par seconde;

m_0, un facteur d'irrégularité superficielle des conducteurs,

$= 1$ pour les fils polis,

$= 0{,}98$ à $0{,}93$ pour les fils oxydés ou rugueux,

$= 0{,}87$ à $0{,}83$ pour les câbles;

$m_1 = 0{,}82$ à $0{,}72$ pour les câbles,

$= 1$ à $0{,}95$ pour les fils.

On a :

Tension critique disruptive entre conducteurs parallèles :

$$E_0 = 21{,}1\, m_0 \delta r \log_e \frac{d}{r}$$

en kv efficaces par rapport au point neutre.

Tension critique de luminescence entre conducteurs parallèles :

$$E_1 = 21{,}1\, m_1 \delta r \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta r}}\right) \log_e \frac{d}{r}$$

en kv efficaces par rapport au point neutre.

Perte d'énergie par luminescence :

$$P = \frac{344}{\delta} f \sqrt{\frac{r}{d}} (E - E_0)^2\, 10^{-5}$$

en kw par kilomètre de conducteur simple.

Cette dernière formule est relative à la perte d'énergie par beau temps. Dans tout autre cas, cette perte est plus élevée. On l'évalue avec une exactitude suffisante en donnant à E_0 les 0,8 de sa valeur.

Quoi qu'il en soit, il y aura lieu de noter que E_0 représente la plus haute tension qui puisse être pratiquement appliquée à un transport d'énergie et que les valeurs trouvées étant rapportées au point neutre, il conviendra pour déterminer la différence de potentiel entre lignes, de multiplier les résultats trouvés par 2 pour une ligne à courant alternatif simple et par 1,73 pour une ligne triphasée.

[1] *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, juillet 1911 et juin 1912.

En conclusion de ce qui précède, nous présentons ci-après en fonction du diamètre des conducteurs et de leur écartement, un tableau des tensions limites qu'il convient de ne pas dépasser dans l'établissement des transports d'énergie triphasés, si l'on veut éviter par temps d'orage une perte d'énergie excessive. Ainsi qu'on l'observera, il ne semble pas que le phénomène de luminescence soit de nature à limiter l'emploi de plus en plus généralisé des très hautes tensions et il apparaît que, dans la majorité des cas, l'énergie disponible à la station génératrice aura trouvé son placement avant qu'on ait eu à recourir à l'emploi des potentiels pour lesquels le phénomène de couronne deviendrait une considération restrictive.

Divers artifices peuvent d'ailleurs être employés en vue d'éloigner la tension critique de luminescence. C'est ainsi que le choix de l'aluminium provoquera, par rapport au conducteur en cuivre de même conductibilité, un accroissement de 25 pour 100 de la tension critique résultant de l'augmentation de diamètre consécutive. Le même effet peut d'ailleurs être obtenu par l'emploi de conducteurs bimétalliques composés d'une armature résistante en acier, par exemple, entourée d'une gaine métallique de haute conductibilité. Toutefois, on tiendra compte, dans ce cas, des dilatations inégales des deux métaux en présence ainsi que des actions électrolytiques auxquelles ceux-ci peuvent donner lieu. Nous signalerons enfin l'emploi dans le même but, de conducteurs subdivisés en plusieurs conducteurs plus fins symétriquement disposés : combinaison qui a permis dans certains cas d'accroître de plus de 5 pour 100 la tension de luminescence sans qu'il ait été nécessaire d'augmenter le poids de cuivre ni l'écartement entre lignes.

TENSIONS LIMITES RÉSULTANT DU PHÉNOMÈNE DE LUMINESCENCE
en kilovolts entre lignes d'un réseau triphasé au niveau de la mer (câbles)

DIAMÈTRE DU CABLE EN CM.	ESPACEMENT ENTRE CONDUCTEURS EN CENTIMÈTRES.								
	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.	550.	600.
0,6	62	64	66	68	69	70	71	72	73
0,8	79	82	84	86	88	90	91	92	93
1,0	95	99	102	104	107	109	110	112	113
1,2	111	115	119	122	125	127	129	130	132
1,4	126	131	135	139	142	144	147	149	151
1,6	141	136	151	155	159	162	164	167	169
1,8	155	161	167	171	175	178	182	184	187
2,0	169	176	182	187	191	195	198	201	2 4

Nous terminerons en faisant remarquer que l'effet de couronne n'affecte pas seulement les lignes de transport d'énergie, mais qu'il se manifeste sous presque toutes les tensions, car il dépend non seulement du potentiel mis en jeu mais aussi de la forme des électrodes et de leur écar-

tement. Il se produira donc aussi bien dans les câbles, sur les bobines, les interrupteurs, en un mot partout où, l'air étant présent dans un champ électrique, un bombardement corpusculaire ou une action électrochimique (ozone, composés azoteux, etc.) est possible.

A.-R. Garnier.

LA

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

DANS PARIS

L'année 1914 va donner aux Parisiens les avantages du nouveau régime de l'Électricité. Le taux maximum de la vente de l'énergie va être réduit à 0,05 fr par hw-h pour la lumière, et la reprise de l'exploitation par la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité unifiera les diverses méthodes pratiquées dans les différentes régions de Paris.

Nous allons essayer de donner à nos lecteurs l'exposé de ce qui a été préparé et ce qu'on peut espérer pour le futur.

Organisation générale. — L'organisation en sections, dans le genre de celles du gaz, paraît avoir la faveur; elle permet, en effet, une décentralisation nécessaire pour les besoins des abonnés.

L'unité, d'ailleurs, sera assurée par une organisation centrale capable de donner l'impulsion nécessaire, d'étudier sans cesse les améliorations utiles, les nouveautés intéressantes et tout ce qui est susceptible de vulgariser l'emploi de l'électricité.

D'assez nombreux desiderata formulés : soit par les entrepreneurs, soit par la Chambre des propriétaires, soit par les abonnés ont trouvé déjà bon accueil, et les formalités anciennes sont simplifiées. Une meilleure compréhension des intérêts communs permet de gagner du temps pour tous; à notre époque où « Time is money », cela reste plus vrai que jamais.

Le régime technique, rendu assez complexe, par suite de la diversité des distributions : continu trois et cinq fils, diphasé cinq fils, courant alternatif simple, haute tension pour les grosses installations, rend la réglementation et le contrôle assez difficiles à codifier, et l'interprétation devient parfois fort délicate. Mais l'expérience acquise par la pratique de chaque jour a permis d'arriver à un modus vivendi infiniment plus clair, mieux défini que par le passé.

Enfin, les délais d'exécution ont été réduits considérablement et la possibilité d'obtenir le courant en moins de 48 heures, lorsqu'il n'y a aucun travail à exécuter hors la pose du compteur et le branchement de l'installation du nouvel abonné est un fait courant et pratiqué.

Mais ce n'est pas seulement dans les questions de forme que des améliorations ont été apportées; l'énergie pour éclairage, actuellement fournie à raison de 0,07 fr par hw-h, va prochainement être réduite au taux de 0,05 fr par hw-h, ce qui lui permettra, grâce aux lampes métalliques, de lutter avec l'incandescence par le gaz.

La nécessité du développement de fourniture de force motrice a conduit les Compagnies à consentir des tarifs réduits.

Parmi les tarifications diverses qui peuvent se présenter, les conditions mêmes du Cahier des Charges des concessionnaires et les termes du Règlement préfectoral qui impliquent pour le consommateur le libre choix du calibre de son compteur, ont amené à établir sur cette base, les données des tarifs spéciaux mis en vigueur dans un certain nombre de cas.

Le choix du compteur implique en effet la déclaration par le consommateur de la puissance maxima ou du nombre de kw instantanés maximum dont il pourra faire usage, cette déclaration étant d'ailleurs automatiquement contrôlée par le calibrage des plombs fusibles de sécurité placés par l'exploitant avant ou immédiatement après son compteur.

Ce maximum peut donc être adopté dans les conditions suivantes; la consommation horaire, étant calculée d'après lui, pourra être transformée numériquement en un nombre d'heures d'utilisation fictives qui correspondront au disponible qui aurait pu être utilisé. C'est en somme ramener une marche moyenne à une marche de tout ou rien.

Un exemple fixera les idées à ce sujet.

Un consommateur estime pouvoir atteindre comme débit instantané une puissance correspondant au maximum à 100 hw, il demandera un compteur de 100 hw.

Au bout d'un an de fonctionnement à raison de 10 heures de travail journalier et 304 jours ouvrables, sa consommation s'est élevée à 125000 hw-h, intégration des fluctuations diverses pendant l'année écoulée.

Le quotient de $\frac{125000}{100} = 1250$ heures d'utilisation fictive, au maximum du débit, autrement dit à pleine charge.

La tarification est établie sur ce quotient, les 300 premières heures étant facturées à 0,30 fr le kw-h, les 300 suivantes à 0,20 fr, le reste (après les 600 premières) à 0,15 fr, et cela pour tous les compteurs pour force motrice de 10 à 25 kw-h de puissance. Au-dessus, la tarification devient :

Les 300 premières heures	à	0,30	le kw-h
Les 300 suivantes	à	0,175	—
Les autres	à	0,125	—

le prix moyen s'abaisse donc graduellement avec l'horaire.

Cette tarification, bien qu'empirique, se rapproche du tarif rationnel théorique susceptible de donner à des producteurs d'énergie électrique une utilisation la mieux répartie possible, avec le minimum de kw installés.

Le client lui-même a tout intérêt à réaliser son installation de façon à répondre à ce desiderata et juxtaposer

autant que possible les débits des machines employées, il augmente ainsi son horaire et diminue la base maximum de sa consommation instantanée.

Cette tarification est donc satisfaisante dans la majorité des cas et n'implique pas les difficultés des change-tarifs.

Elle a d'ailleurs attiré l'attention sur des points techniques jusqu'alors négligés, tels que : étude des démarrages et mises en marches progressives, importance de la marche à vide des transmissions ou même simplement des changements de vitesse, intégration exacte de l'énergie consommée, etc., qui se sont d'ailleurs tous montrés favorables à l'utilisation du moteur électrique.

Le compteur, en effet, par son intégration, s'est placé de suite comme un indicateur précieux pour répondre à toutes ces questions si importantes pour l'économie d'une exploitation alors que moteurs à vapeur ou à gaz n'avaient jusqu'alors été soumis à aucun contrôle régulier.

Les mises en marche brutales sont toujours des causes de danger immédiat ou différé, mais certain pour toute machine quelle qu'elle soit, fatiguant les organes, provoquant des cristallisations des métaux, du jeu, etc.; l'emploi du moteur électrique, à plombs calibrés oblige à remédier promptement à cet état de choses sur lesquelles l'attention est attirée par des remplacements de fusibles trop fréquents.

La consommation à vide des transmissions a pu être mesurée plus exactement et son importance appréciée comme jamais auparavant on n'avait pu le faire. Elle s'est montrée atteignant de 30 à 50 pour 100 de l'énergie instantanée utilisée, dans de nombreux cas, et son pire danger c'est le fait même que la perte ainsi faite suit l'horaire complet de l'industrie.

Ainsi une usine ayant un moteur de 100 kw consommait à vide 32 kw. Son utilisation sur la base de 100 kw (calibre du compteur prévu *a priori* pour substituer l'électricité) était d'environ 900 heures à 100 kw pour 3000 heures de fonctionnement.

Il en résultait comme dépense annuelle :

	Heures.		Kw.		Kw-h.
Énergie utilisée.	900	×	1000	=	90 000
Énergie dissipée, à vide	3000	×	32	=	96 000

Ces résultats parlent eux-mêmes et la réduction des transmissions s'impose sans conteste.

Enfin l'intégration exacte de l'énergie consommée a justifié ce que nous avons déclaré maintes fois en ce qui concerne les moteurs électriques et leur qualité de proportionalisation de l'énergie demandée à celle fournie; bien des industries ayant en moteurs installés une puissance de 15 kw par exemple, ont constaté que, malgré une marche journalière régulière de 9 ou 10 heures sur l'ensemble, la consommation, qui aurait dû être, s'ils avaient été utilisés à pleine charge, de 15 kw × 10 heures = 150 kw-h n'était en définitive que le tiers, le cinquième ou même le dixième de ce chiffre.

Dans ces conditions (et pour comparer ce fonctionnement à celui d'un moteur à gaz, de même puissance), le cheval-heure, utilisé à la transmission, se réduisait de 0,30 fr à 0,10 fr, 0,06 fr et même 0,03 fr, la supériorité s'affirmant dans ces derniers cas pour l'électricité grâce à la diminution : du capital engagé, de son amortissement, entretien, surveillance, du minimum d'encombrement, etc.

C'est ainsi que la force motrice électrique a pu se développer et pourra le faire de plus en plus. La clientèle des petites installations touchée la première est maintenant suivie par celle des grosses, et ce mouvement ne pourra que s'accentuer si la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité, poursuivant l'heureuse voie où l'Union des Secteurs s'est engagée, étudie et met en pratique des tarifications encore plus intéressantes.

En ce qui concerne la lumière, le nouveau prix de 0,05 fr l'hw-h, soit avec les lampes métalliques à 1 w par bougie : 0,05 fr les 100 bougies-heures, sans atteindre le prix réduit des manchons renversés, peut cependant lutter comme frais moindres de première installation, plus d'hygiène, plus grande facilité d'allumage et d'extinction, moindre danger, conservation des peintures, tentures, etc. L'électricité pourra ainsi se répandre partout, se démocratiser entièrement, revivant à quelque trente années près l'évolution suivie par l'exploitation du gaz dans sa lutte contre le pétrole, l'essence, le charbon.

De tous côtés, d'ailleurs, s'installent des colonnes montantes et les nouveaux immeubles en sont pourvus.

Il n'est pas jusqu'aux voies non canalisées ou voies privées qui ne soient exploitées. Pour les premières, grâce à un article du cahier des charges accepté par le concessionnaire, la canalisation est effectuée de droit sur simple demande d'un abonné éventuel garantissant « pendant cinq ans une recette brute annuelle égale à 10 fr par mètre courant de canalisation compté à partir du réseau existant ».

Ainsi de nombreuses voies sont et pourront être canalisées dès que le besoin s'en fera sentir, pour le plus grand bénéfice des consommateurs et du vendeur, facilitant encore l'extension des utilisations de l'électricité.

Certaines voies privées ont également été canalisées depuis peu par le concessionnaire, à ses frais, en vue de desservir des clients intéressants et leur épargner des frais parfois trop élevés de l'établissement d'une canalisation qui aurait pu faire hésiter ou même reculer ceux à la charge de qui elle aurait pu incomber.

Toutes ces facilités vulgarisent chaque jour l'emploi des moteurs électriques et leur substitution aux moteurs à gaz.

La complexité d'exploitation du réseau parisien semble ne pas avoir eu de répercussion fâcheuse sur les installations.

En ce qui concerne la force motrice, les réseaux à courant alternatif simple, grâce aux perfectionnements récents apportés aux moteurs à courant alternatif simple, ont vu se développer une clientèle qui jusqu'alors leur avait échappé ou se résumait dans des appareils assez particuliers.

Sur les réseaux continus trois ou cinq fils les facilités données en ce qui concerne les pertes de charge avant compteur ainsi que les stipulations du Règlement préfectoral de 1910 ont fait placer quantités de moteurs deux fils 220 v ou deux fils 440 v, l'excitation étant prise sur 110 v, dans le cas de moteur shunt, ce qui simplifiait les distributions. Les constructeurs eux-mêmes ont créé des types répondant à ces besoins et d'une façon générale leurs prix d'achat ont baissé très sensiblement.

Sur le réseau diphasé, dont l'apparition était une nouveauté, il y a eu les tâtonnements inévitables, les erreurs auxquelles on pouvait s'attendre par suite du manque d'expérience sur un matériel nouveau. Les conditions strictes imposées par le règlement pour les conditions de démarrage et de fonctionnoment ont provoqué des difficultés qui se sont peu à peu solutionnées heureusement, l'éducation des monteurs s'est faite, mais on comprend aisément que les stipulations variables et parfois contradictoires entre le courant continu et le courant alternatif, les conditions d'alimentation à deux, trois ou quatre fils, les questions de déphasage, d'équilibrage de phases, les appareils de démarrage à déclenchement à minima, etc., aient amené une petite révolution dans les habitudes de l'entreprise.

Il n'est pas jusqu'aux délimitations de ces réseaux différents qui n'aient causé quelques erreurs et nécessité la confection de cartes spéciales. Mais tout cela s'est arrangé, et l'on a solutionné les diverses questions au mieux des intérêts de tous.

L'industrie électrique s'est montrée une fois de plus à la hauteur de sa tâche pour répondre aux desiderata formulés, créant des types nouveaux de rhéostat à disjonction équilibrée, des moteurs à collecteur répondant aux besoins, du petit matériel : interrupteurs, coupe-circuits et distributeurs réglementaires, tableaux et accessoires, etc., rivalisant de perfection et de bon marché.

Il n'est pas jusqu'au matériel haute tension jusqu'alors réservé pour Paris aux usines et sous-stations qui n'ait trouvé sa place dans de grosses installations de force motrice qui en assurent directement la transformation chez l'abonné.

L'incendie des tableaux de la grande usine de Saint-Denis, survenu dernièrement, qui dessert encore actuellement une partie des anciens secteurs, a permis d'expérimenter d'une façon certaine les conditions d'arrêt brusque de réseaux importants et leur remise en charge sans incidents.

Il se dégage en somme une impression générale satisfaisante d'après l'enquête à laquelle nous nous sommes livrés, et nous ne pouvons que nous en réjouir pour le plus grand développement des applications électriques.

Nous nous occuperons dans un autre article des conditions techniques imposées par le règlement préfectoral ainsi que des dispositions adoptées généralement.

R. S.

AMPLIFICATEUR POUR LA RADIOTÉLÉGRAPHIE

Le système des émissions musicales, qui tend à se généraliser dans la radiotélégraphie, présente des avantages importants et variés.

Au point de vue de la réception, il a surtout été apprécié jusqu'ici en ce qu'il améliore la perception des signaux, dans le travail auditif; mais son intérêt ne s'arrête pas là : il a une valeur pratique considérable à raison de la facilité avec laquelle il se prête, par l'application des principes de la résonance électrique ou mécanique, au renforcement des émissions reçues, qu'il permet ainsi d'enregistrer.

On sait que l'inscription des signaux a rencontré jusqu'ici beaucoup de difficultés dans les procédés radiotélégraphiques ordinaires et qu'avec les méthodes actuellement en usage dans la généralité des installations, on ne parviendrait à enregistrer les correspondances qu'en recourant à des appareils d'une grande délicatesse, comme les enregistreurs photographiques.

On a proposé d'employer, pour résoudre ce problème, l'un ou l'autre des nombreux systèmes de relais qui ont été imaginés pour réaliser l'amplification ou la translation des courants de la téléphonie. Lorsque, il y a quelques années, j'ai indiqué d'utiliser dans ce but une dynamo de construction appropriée [1], j'avais également fait mention de l'application de ce système à la réception radiotélégraphique; cependant jusqu'à présent, il ne semble pas que cette idée ait été consacrée par la pratique; M. Brown [2] est le seul, je pense, qui soit arrivé à faire adopter pour cet usage le relais qu'il a inventé. La cause de cette situation est principalement l'imperfection des dispositifs amplificateurs, dont le fonctionnement en pratique ne répond jamais à ce que promettent la théorie où les essais de laboratoire.

Aujourd'hui, cependant, une étape importante semble être franchie, pour les systèmes radiotélégraphiques à émissions musicales, par l'amplificateur à résonance.

Comme les relais auxquels nous venons de faire allusion et à la différence de la dynamo amplificatrice que j'avais proposée, l'amplificateur à résonance n'est autre chose qu'un dispositif télémicrophonique : une fois de plus on y voit reparaître le principe des appareils combinés qui furent réalisés, pour l'amplification des courants téléphoniques, aux premiers temps de la téléphonie; mais on en a très heureusement augmenté la valeur en se bornant à lui demander l'amplification d'émissions de fréquence déterminée, de manière à pouvoir y mettre à profit les phénomènes de résonance. On pourrait le considérer à cet égard comme une variante du relais à diapa-

[1] Henry, Le relais téléphonique. *Bulletin de la Société belge d'électriciens*, février 1909, p. 53.

[2] S. G. Brown. Communication à l'Institute of Electrical Engineers, 5 mai 1910.

son qui fut employé il y a quelques années, en Angleterre, au cours des premières recherches sur la télégraphie sans fil par induction électromagnétique.

Dire qu'il a eu ainsi certains précurseurs, ce n'est point vouloir faire entendre qu'il manque d'intérêt : s'il met à profit des dispositions déjà expérimentées autrefois, il le fait d'une façon ingénieuse et efficace et avec des moyens nouveaux.

L'instrument se compose essentiellement d'un électro-aimant à enroulement de grande résistance, d'une armature légère et d'un contact microphonique.

L'enroulement reçoit les émissions rythmées qu'il s'agit de déceler et qui y produisent l'excitation de l'électro-aimant. L'armature mobile de celui-ci est conditionnée de façon à pouvoir répondre aux attractions et relâchements engendrés de la sorte, mais pour une fréquence d'aimantations bien déterminée; elle agit sur le contact microphonique, auquel elle communique des pressions et dépressions de fréquence correspondante. Le contact microphonique lui-même commande le circuit d'une batterie locale. Comme cette amplification ne donne encore que des intensités faibles, le courant de ladite batterie est employé pour exciter un second dispositif de même nature que le premier; ce dispositif à son tour peut agir soit sur un troisième relais, soit sur l'appareil récepteur.

D'après les résultats publiés au sujet de l'appareil, l'amplificateur à résonance est extrêmement sensible; il peut déceler des intensités de 10^{-7} et même de 10^{-8} ampère. Quant à l'accroissement des courants, il est excellent; avec trois amplifications, on est arrivé à augmenter les intensités dans une proportion considérable; l'intensité du courant commandé par le troisième amplificateur peut avoir une intensité de 10^{-2} ampère sans qu'aucun des contacts soit soumis à une intensité excessive.

Un tel courant suffit largement à l'actionnement d'un téléphone haut-parleur ou d'un appareil Morse enregistreur; d'autre part, il ne faut plus la même répétition des effets des émissions pour que les appareils détecteurs et récepteurs entrent en jeu; les signaux peuvent ainsi être plus courts et la transmission plus rapide.

Les trois relais amplificateurs sont généralement montés sur un même support; ils y sont installés de façon à ne pas souffrir des vibrations ou des chocs; pour les équipements destinés à la marine, par exemple, on les dispose sur une suspension à la Cardan.

Sur chaque relais, on ne met en œuvre, ainsi que nous l'avons vu plus haut, que des intensités de courant modérées, de sorte que les contacts sont peu exposés; leur durabilité est ainsi satisfaisante et ils ne demandent de réglage qu'exceptionnellement. On emploie des contacts à amortissement moyen; pour accentuer les qualités sélectrices des instruments, on pourrait diminuer l'amortissement, mais il est préférable de ne pas exagérer le réglage; le rôle de l'instrument est de renforcer les courants reçus plutôt que de choisir exactement les courants de fréquence voulue : le dispositif est un amplificateur et non un relais sélectif et il est inutile d'accentuer ses qualités à ce dernier égard, car cela pourrait compromettre la régularité des communications, s'il arrivait que la fréquence des émissions de transmission vînt à se modifier plus ou moins.

On considère comme suffisant de régler l'appareil pour qu'il reste indifférent à des émissions différant de 20 pour 100 au plus de la fréquence normale; cette marge répond aux exigences de la pratique, sans être cependant excessive. HENRY.

L'EXPOSITION ANNUELLE

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

(SUITE ET FIN.)

Compagnie des Compteurs. — Cette compagnie exposait :

Un *perméamètre Iliovici* permettant d'étudier des échantillons de métaux magnétiques dans des champs allant de 1 à 400 gauss, correspondant à des inductions pouvant atteindre 22 000 à 25 000 gauss pour le fer. Nous avons donné l'an dernier (1) le principe de cet appareil.

Un *décaleur de phases pour courants triphasés* constitué par un anneau Gramme alimenté en trois points à 120° et sur l'enroulement duquel on fait trois prises secondaires variables mais toujours décalées entre celles de 120°.

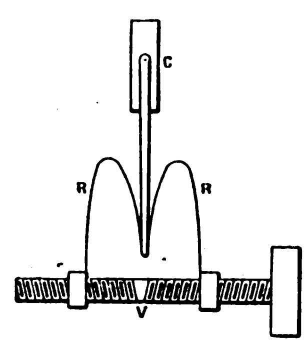


Fig. 1. — Principe du galvanoscilla.

Un *galvanoscilla Boucherot*, réalisation industrielle sous forme réduite de l'appareil (fig. 1) présenté par M. Boucherot à la Société des Électriciens en novembre. Rappelons qu'il se compose d'un cadre mobile C, maintenu par deux ressorts RR, une vis V à pas inverses permet de faire varier la période d'oscillation du système (2). Le galvanoscilla se présente industriellement sous la forme bien connue des appareils de mesures de la Compagnie des Compteurs (fig. 2) avec, au-dessus du pivotage du cadre mobile *c*, une petite cheminée C semblable à celle du fluxmètre Grassot dans laquelle est placé le miroir *m* de l'appareil lequel est supporté par l'aiguille fixée au cadre et oscille devant une ouverture pratiquée latéralement dans la cheminée et fermée par une glace.

Le côté actif du cadre mobile est placé dans l'entrefer

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 mai 1912, n° 490, p. 228.
(2) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 nov. 1912, n° 502, p. 524.

d'un aimant permanent A ; le cadre porte une aiguille *a* supportant le miroir *m* ; vers son autre extrémité, l'aiguille supporte une pièce *p* dans laquelle sont fixées deux lames de ressort repliées qui viennent s'encastrer par leur autre extrémité dans deux glissières *g* dont on peut faire varier l'écartement par la rotation d'une vis *V* à double filet ; cette rotation, qui s'effectue par le bouton *B*, permet de régler la période propre d'oscillation du galvanomètre en modifiant son couple directeur.

La mesure de l'irrégularité de l'alternateur se fait en deux opérations :

1° On amène le galvanomètre en résonance avec la fréquence principale de l'alternateur ; on observe alors sur la règle divisée une bande lumineuse de *a* divisions pour une valeur *R* de la résistance du circuit du cadre ;

2° On fait varier la période propre du galvanoscilla en agissant sur le bouton *B* jusqu'à ce que l'on obtienne un pompage, c'est-à-dire une variation périodique *b—c* de l'image lumineuse ; quand la valeur *b—c* passe par un maximum, il y a proportionalité entre cette valeur $(b-c)_{max}$ et le coefficient d'irrégularité *E* ; pour obtenir une lecture facile de $(b-c)_{max}$, on doit diminuer de *R* à R_1 la résistance du circuit du cadre. — Si l'on désigne par *p* le nombre de paire de pôles de l'alternateur, on a :

$$E = \frac{1}{p} \cdot \frac{(b-c)_{max}}{a} \cdot \frac{R_1}{R}.$$

L'appareil est présenté sous une forme très robuste (fig. 2) et très réduite ; ses dimensions maxima d'encombrement sont 10,4 × 9,5 cm en plan et 8,6 cm en hauteur,

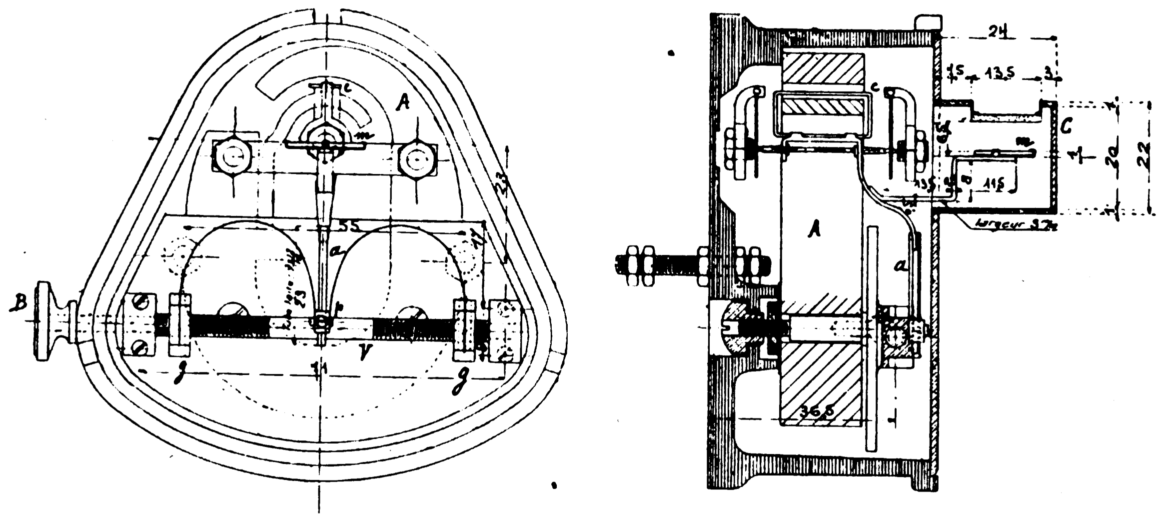


Fig. 2. — Galvanoscilla Boucherot.

en y comprenant la tige filetée de fixation. Il constitue dès maintenant la réalisation d'un instrument attendu pour le contrôle du fonctionnement des alternateurs commandés par machines à piston.

MM. Chauvin et Arnoux exposaient un grand nombre d'appareils industriels parmi lesquels nous citerons :

Un *voltmètre étalon* à cadre mobile dont chacune des différentes sensibilités est obtenue en appuyant sur un bouton correspondant à cette sensibilité ; cette obligation évite à peu près entièrement les détériorations fréquentes résultant de l'inattention dans l'emploi de ces appareils à sensibilité multiple [1] ;

Un *ampèremètre étalon* à cadre mobile dans lequel on corrige les erreurs dues à la température en agissant au moyen d'un bouton sur un shunt magnétique réglable ; un index permet d'amener le shunt à la position correspondant à la température indiquée par un thermomètre placé sur l'appareil. Un *milliampèremètre électrodynamique de contrôle* ; le type 500 milliampères demande 0,5 volt pour sa déviation maxima. Un *wattmètre électrodynamique de contrôle* dans lequel la forme de la bobine mobile procure une graduation proportionnelle ; un *mégohmmètre* très intéressant sur lequel nous reviendrons. Des *voltmètre et ampèremètre de petit diamètre* (5 cm) *à cadre mobile*, appareils très exacts malgré leur faible encombrement et destinés particulièrement aux applications à l'automobilisme.

Richard-Heller. — Cette maison présentait de remarquables appareils de mesure Hartmann et Braun, universellement connus aujourd'hui, fréquencemètre, tachymètre, appareils de tableau, etc.

J. Richard. — La maison Jules Richard exposait, avec le fini de construction qu'on lui connait, une série d'appareils de mesures industriels, parmi lesquels un petit galvanomètre portatif à miroir de M. Turpain pour mesures bolométriques. L'échelle s'étend à 30 cm du miroir, 1 mm de déviation représente un courant de 25.10^{-9} A.

[1] Dans cet ordre d'idées, l'auteur de ce compte rendu emploie depuis longtemps un dispositif très efficace qui consiste à relier les différentes bornes du voltmètre, dans l'ordre de leur sensibilité, aux différents plots d'un cadran de rhéostat (séparés par des plots morts) dont la manette est constamment tirée par un ressort vers la position correspondante à la mesure des tensions les plus élevées. P. G.

MM. Marcel Cadiot et Cie présentaient un certain nombre de types d'appareils Weston : wattmètre, indicateur de facteur de puissance, fréquencemètre, synchronoscope, etc., ainsi qu'un appareil à lecture directe pour la localisation des défauts dans les câbles.

Le *fréquencemètre Weston* comporte (fig. 3) deux bobines fixes 1 et 2 à angle droit l'une de l'autre et une aiguille extrêmement mince *a* faite d'un alliage magnétique spécial et supportée par le même axe que l'aiguille

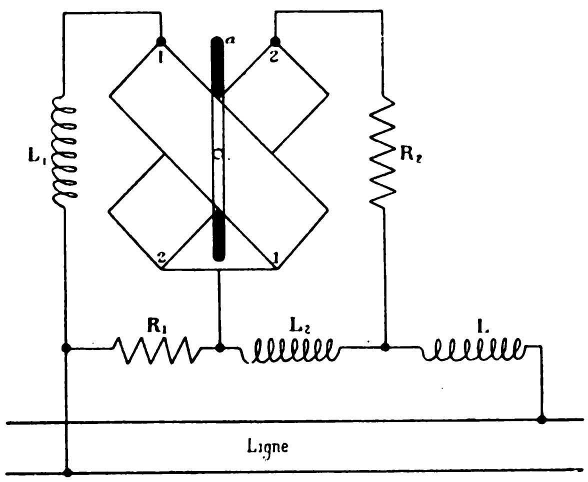


Fig. 3.

indicatrice; la bobine 1 est en série avec une self L_1 et l'ensemble est réuni en parallèle avec une résistance R_1; la bobine 2 est en série avec une résistance R_2 et l'ensemble est réuni en parallèle avec une self L_2; ces deux ensembles sont montés en série entre eux et avec une self L, et le tout est branché aux bornes des conducteurs de ligne, la self L amortissant les harmoniques élevés. On voit sur la figure 3 que l'on réalise ainsi une sorte de pont de Wheatstone qui est en équilibre pour la fréquence normale; un accroissement de fréquence rompt l'équilibre en augmentant la réactance des selfs L_1 et L_2. Les indications de l'instrument seraient pratiquement indépendantes des variations de la tension d'alimentation : cette tension passant de 75 à 150 volts introduit une variation dans l'indication inférieure à 1,5 pour 100.

Le *synchronoscope Weston* (fig. 4) comprend une bobine fixe, faite en deux parties et connectée aux bornes de la ligne à travers une résistance; la bobine mobile, en série avec un condensateur, est connectée aux bornes de l'alternateur à coupler. L'index est monté derrière une glace translucide éclairée par une lampe de synchronisme placée en arrière de la glace et de l'index; le déplacement angulaire possible de l'index est un peu supérieur à 90°; la glace porte à droite l'indication *fast* (rapide) et à gauche l'indication *slow* (lent), ces désignations se rapportant à la machine à coupler.

Les connexions sont telles que, lorsque les forces électromotrices de la ligne et de la machine à coupler sont en concordance, la lampe éclaire et l'index ainsi visible se trouve au milieu de l'échelle; ce qui constitue la bonne indication pour le couplage. Au contraire, lorsque les forces électromotrices sont en discordance, l'index se trouve dans la même position, mais est alors invisible, car la lampe est à l'extinction. Lorsqu'il y a déphasage des deux forces électromotrices l'une par rapport à l'autre avec différence de fréquence ou non, l'index suit le déphasage de la force électromotrice de la machine à coupler par rapport à la force électromotrice de la ligne en se balançant d'une extrémité à l'autre du quadrant, de telle sorte qu'elle ne commence à devenir visible que lorsque le déphasage est près de s'annuler,

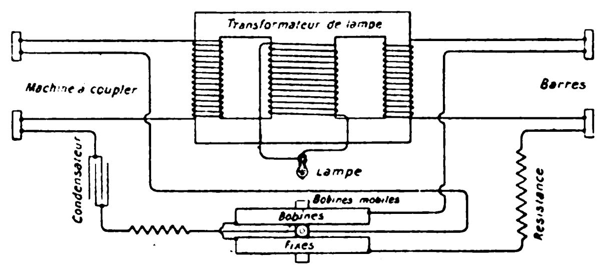


Fig. 4.

car la lampe de phase ne s'allume que vers ce moment. Les indications et les flèches marquées sur le cadran lumineux renseignent sur l'allure trop rapide ou trop lente de la machine à coupler d'après le sens du déplacement de l'index; l'indication de l'appareil est d'ailleurs très parlante, l'index donnant, lorsqu'il apparaît, l'illusion de sortir de l'obscurité pour indiquer l'allure de la machine à coupler et le moment favorable du couplage.

MM. Rousselle et Tournaire exposaient une série d'appareils de démonstration à très grande échelle, divers ensembles pour la détermination des résistances et des défauts dans les câbles, des appareils pour la mesure des températures élevées, un indicateur de vitesse à résonance système Frahm, etc.; nous citerons particulièrement;

Une *installation transportable pour mesures de capacité et de résistance d'isolement et pour recherches des défauts* dans les câbles; cet appareil permet les mesures d'isolement jusqu'à 500 mégohms, les mesures de résistances de 0,1 à 10 000 ohms, les mesures de capacités de 0,01 à 1 microfarad et les mesures de défauts de 0,5 à 2000 ohms;

Des *pyromètres* à couple platine-platine rhodié ou platine-platine iridié pour mesures de température jusqu'à 1600° C; les cannes de protection sont en quartz fondu ou en porcelaine Marquardt, avec ou sans tube d'acier;

Des *thermomètres à résistance*, pour la mesure des températures de — 200° à + 900° C, avec spirale de platine noyée dans du quartz fondu;

Un *indicateur de vitesse Frahm* de démonstration, dans lequel les différentes lames vibrantes entrent successivement en résonance au fur et à mesure de la diminution de vitesse d'un gyroscope légèrement déséquilibré.

Da et Dutilh. — *Appareils thermiques à couple F. A. C.* — Dans ces appareils le courant à mesurer ou une fraction de ce courant échauffe des couples thermo-électriques. Le courant ainsi produit est mesuré par un galvanomètre à cadre mobile.

Dans les appareils industriels et portatifs, ce galvanomètre est à pivots. Il est du type des appareils à cadre mobile ordinaires. Les voltmètres ainsi établis consomment de 0,100 à 0,150 ampère et donnent leur déviation pour 1,5 à 2 volts. Les ampèremètres absorbent de 0,200 à 0,250 volt et donnent leur déviation pour 1,5 à 2 ampères. Les shunts de ces appareils sont placés soit à l'intérieur des boîtiers pour les faibles intensités soit à l'extérieur. Ils sont constitués par des lames ondulées en manganin de 0,15 mm d'épaisseur. Les shunts indépendants sont calculés pour offrir une surface de refroidissement de 26 à 30 cm^2 par watt.

Le coefficient de température de ces appareils, dû au coefficient du circuit comprenant le cadre mobile, est réduit à 0,15 pour 100 environ par degré.

Dans un appareil construit en vue des mesures de laboratoire, le galvanomètre est à suspension. On peut ainsi compenser le coefficient de température du cadre mobile et réaliser un instrument dont les indications sont pratiquement indépendantes de la température. Dans le modèle présenté, la suspension est constituée par un fil très résistant au point de vue mécanique et pratiquement incassable. La déviation totale est obtenue pour 100 milliampères, la résistance de l'appareil entre les bornes extérieures (circuit chauffant) étant de 15 ohms environ.

On peut réaliser des appareils d'une intensité moindre, mais pour des mesures de précision il faut tenir compte du coefficient de température du cadre mobile, qui ne peut être entièrement compensé et dont l'ordre de grandeur peut alors atteindre celui des appareils industriels.

La composition et la fabrication des couples ont donné lieu à de nombreux essais avant de parvenir à un modèle définitif. La différence de température entre les soudures ne dépasse jamais 150°, valeur très faible si on la rapproche des températures atteintes dans les pyromètres avec couples en métaux usuels, tels que fer et constantan.

Compteur pour la mesure du glissement des moteurs asynchrones. — Cet appareil est formé par la réunion de deux compteurs à vis tangente dans lesquels les rouages sont, au repos, séparés des vis, tandis qu'ils sont en prise simultanément lorsqu'on presse sur un bouton spécial.

L'une des vis porte un pointeau qui est mis en contact avec le moteur dont on veut mesurer la vitesse. La seconde est fixée à l'axe d'un petit moteur synchrone à 4 pôles.

L'appareil peut servir pour les trois mesures suivantes :

1° *Vitesse d'un moteur quelconque.* — Le compteur de tours à pointeau est seul en service, le moteur synchrone reste au repos. Les cadrans des rouages étant au zéro, on met le pointeau en contact avec le bout de l'arbre essayé et on déclenche le compteur de secondes en même temps qu'on appuie sur le bouton de l'appareil, afin de mettre le rouage en contact avec la vis tangente. La mesure se fait comme avec un compteur de tours ordinaire.

2° *Fréquence d'un courant alternatif.* — Le moteur synchrone est relié au circuit à travers une résistance convenable (une intensité de 0,3 à 0,5 ampère est suffisante). Pour lancer le moteur et l'accrocher, il suffit de donner une impulsion brusque à la petite roue en cuivre du moteur.

Le moteur synchrone étant accroché et les cadrans des rouages au zéro, il suffit d'appuyer sur le bouton au moment où on déclenche le chronographe et d'abandonner le bouton en même temps qu'on arrête le chronographe. La fréquence est donnée par le quotient du double du nombre lu sur le cadran par la durée de la mesure.

3° *Compteur de glissement.* — Avec les moteurs asynchrones, la combinaison des deux mesures précédentes permet d'obtenir directement le glissement du moteur.

En effet, le pointeau étant en contact avec le bout de l'arbre du moteur asynchrone et le petit moteur synchrone étant accroché sur le courant, les deux rouages compteurs sont mis en mouvement exactement ensemble pendant tout le temps où le bouton est abaissé ; il suffit donc de lire les indications des deux cadrans pour connaître le nombre de tours du moteur et le nombre de périodes du courant alternatif pendant le même temps ; si le temps lui-même est mesuré, on a, en plus, la fréquence du courant. Il faut tenir compte du rapport des nombres de pôles du moteur essayé et du moteur synchrone.

Si N est le nombre lu sur le cadran du compteur à pointeau, n celui du cadran du moteur synchrone, $2p$ le nombre de pôles du moteur asynchrone, le glissement g est donné par

$$g = \frac{n - \frac{p}{2} N}{n}$$

Grâce à la simultanéité absolue des mesures le résultat est indépendant des variations de fréquence du courant alternatif.

P. G.

INTERRUPTEUR A HAUTE TENSION

DE

CONSTRUCTION EUROPÉENNE

Moins fréquemment appelés à réaliser des appareils à très haute tension que les constructeurs américains, les électriciens européens n'ont pas dû s'occuper autant que leurs confrères du nouveau continent de l'étude du maté-

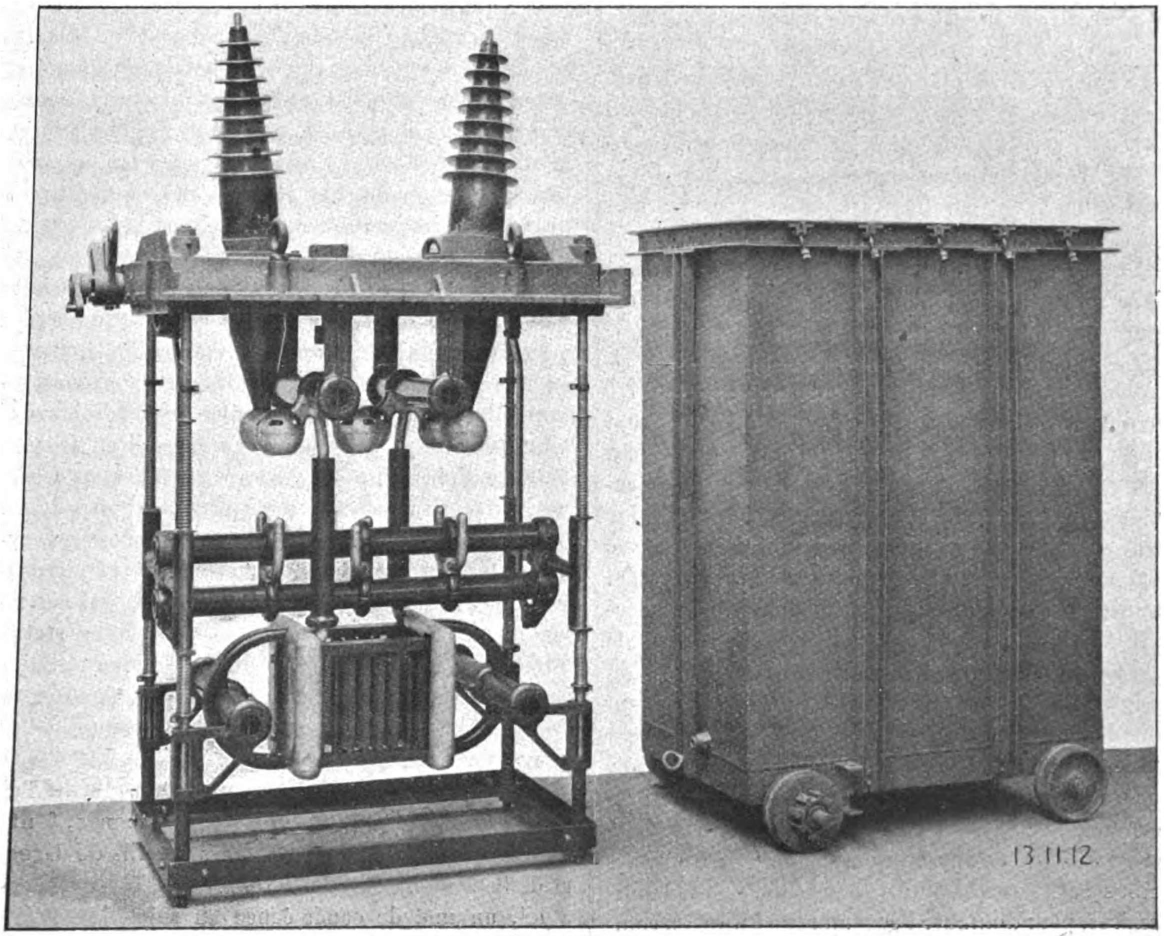
riel dont il s'agit : leur ingéniosité et leur science ne sont pas cependant restées en arrière; les appareils qu'ils ont établis, s'ils n'ont pas subi, dans une même mesure, l'épreuve de la pratique, n'en présentent pas moins un intérêt tout spécial.

Il en est ainsi particulièrement pour ce qui concerne les appareils de service et notamment les interrupteurs.

La figure 1 ci-contre représente un interrupteur à huile de ce type dans la forme utilisée aujourd'hui pour les tensions de 50000 à 100000 volts; elle montre la forme et l'agencement des différentes parties et notamment des isolateurs condensateurs de traversée.

On a mis à profit dans le choix de l'isolement, pour ces bornes de traversée, l'expérience acquise dans la fabrication des câbles, et l'on emploie de préférence des mélanges à base de fibre.

L'interrupteur représenté par la figure 1 n'est pas remarquable que par l'emploi du système de traversée



dont il s'agit ; il se distingue également par la disposition des organes d'interruption et de commande.

L'interrupteur proprement dit se compose, ainsi qu'on peut le remarquer, de six contacts fixes et de trois fourches de contacts mobiles, les contacts fixes médians sont des contacts auxiliaires qui servent à l'insertion dans le circuit d'une résistance protectrice montée dans la partie inférieure de la caisse.

Afin d'éviter qu'elle ne soit brûlée s'il arrivait que le fonctionnement de l'interrupteur ne se fasse pas régulièrement et que l'instrument soit immobilisé dans une position intermédiaire, des fusibles de protection sont montés sur la résistance; ces fusibles sont constitués par des lames d'étain qui fondent lorsque la température de l'huile échauffée par la résistance atteint une limite déterminée (180° approximativement); ces lames ne sont pas chauffées par le courant mais par l'huile.

Il y a quatre points de rupture par phase; les contacts mobiles sont montés sur une traverse double; le mouvement s'effectue dans le sens vertical.

Le poids de la traverse est partiellement équilibré par des ressorts de suspension dimensionnés de telle façon que, lorsque le réservoir est rempli, la traverse retombe d'elle-même dans sa position inférieure.

Le mécanisme n'est pas représenté sur la figure ; on le constitue par un électro-aimant de commande, un dispositif d'accouplement, une transmission et des contacts de commande. H. M.

LA RÉUNION A PARIS

DE LA

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

ET DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Tout a été dit sur la visite récente des ingénieurs électriciens anglais à leurs collègues français de la Société des électriciens; la réception, de l'aveu de tous, a été parfaitement réussie et nous n'y reviendrons pas, mais il nous a paru intéressant de citer les impressions personnelles d'un de nos confrères anglais [1] sur cette visite et plus particulièrement sur nos installations, sur les discussions techniques qui eurent lieu, etc. Des critiques qu'il est utile de connaître ont été formulées, mais à part cela, il se dégage de la lecture de ce compte rendu une excellente impression.

Les réflexions d'un spectateur qui se dispose à rendre compte d'une semaine passée à Paris avec la I. E. E. sont assez difficiles à résumer. D'abord il semble que l'on a découvert Paris — tout au moins au point de vue électrique — et que l'on peut s'en permettre la description en notant spécialement les différences qu'il présente avec Londres, mais ce serait là une entreprise considérable. Comme exemple de choses, citons d'abord le Métropolitain. Il n'y a pas d'ascenseurs, mais par contre, pas de perte de temps pour arriver aux quais, pas de remise du billet à la sortie. Ceci est très judicieux : les gens entrent individuellement dans les stations, mais ils en sortent par fournées. Il ne devrait évidemment pas y avoir d'obstace à une sortie rapide. Celui qui a subi le système des tickets anglais et l'ascenseur de Bakerloo pourrait écrire des pages sur ce seul thème. Les tramways et omnibus sont pour la plupart sans impériales, tandis qu'à Londres, pour diminuer l'encombrement, ils en comportent. Pourtant, la rue de Rivoli paraît réaliser le record du monde pour l'intensité de la circulation. Mais on nous dit que Londres ne pourrait se contenter de voitures sans impériales. La circulation des autos, tramways ou autobus dans Paris, est plus rapide qu'à Londres et paraît imprudente parfois.

La place de la Concorde est un casse-cou, ou le serait si elle était encombrée. L'éclat des becs de gaz trop bas vous aveugle, surtout quand la chaussée est mouillée, et avec les taxis faisant du soixante à l'heure sans s'inquiéter des piétons, le risque semble grand même à un Londonien.

L'éclairage de Paris est mauvais, exécrable. Il est éblouissant et inégal, il y a des exceptions, mais ces remarques s'appliquent à l'ensemble. L'avenue de l'Opéra est somptueusement illuminée, mais après cela l'éclairage des rues secondaires importantes, comme la rue Cambon, fait penser à un sarcophage éclairé par un ver luisant (*sic*).

On est cependant plus habile en France à obtenir certains effets : le tube au néon avec sa vive lumière rouge est une nouveauté pour un Anglais. Plusieurs théâtres en soulignent leurs façades; dans l'un d'eux il est combiné avec des tubes à vapeur de mercure et le contraste donne un effet saisissant. Les cinémas français font paraître les nôtres misérables. Comme éclairage et comme films ils sont supérieurs à tout ce que l'on peut voir à Londres. Dans la plupart des restaurants et des hôtels nous pouvons leur envier aussi l'emploi des fils posés à la surface des murs, systèmes économiques donnant une grande facilité pour la modification de la répartition des lampes. On peut dire que le nombre de bougies par occupant est plus grand dans les boutiques, les maisons et les hôtels français que dans ceux de Londres.

De toutes les visites d'usines, nous ne retiendrons ici que celles de Saint-Denis et d'Asnières. Saint-Denis avec ses groupes de 10000 kw, sa puissance remarquable, utilisée — surtout pour la traction, croyons-nous — est imposante. Nous avons rarement vu un endroit aussi bien tenu, avec un jardin soigné à l'entrée, et au dedans l'apparence d'un navire de guerre tout flambant neuf. C'est une entreprise énorme, mais occupant plus de terrain que nous n'aurions pu lui en donner à Londres. Le long ruban transporteur pour le charbon doit avoir coûté un bon prix. L'automatisme est en tout cas devenu un art, aux moments de la pleine charge, cette station de 70000 kw, occupe un total de dix hommes seulement. Nous ne pensons pas qu'on aurait dû dépenser autant pour les cheminées; pour une nouvelle station à Paris un tirage forcé serait sûrement préférable. Et les dispositifs de filtration de l'eau courante à l'usine du Triphasé d'Asnières, bien que très beaux et très soignés, font piètre figure comparés à nos épurateurs rotatifs de Greenwich et de Bankside.

Ici, un mot de condoléance au sujet des tramways. Paris est en train de se déchirer l'épiderme pour y insérer un système à caniveau, comme à Londres. Quel dommage! Les Londoniens qui connaissent ce système et son exploitation ne peuvent que soupirer et dire : « Que nous les plaignons avec la difficulté de circulation qui va en résulter! »

Mais on pourrait étendre sans fin ces comparaisons. Venons-en à notre sujet, les deux sociétés électriques. Nos hôtes nous reçurent fort bien, et leur hospitalité fut vivement appréciée. Le banquet au Palais d'Orsay fut très brillant. Les messieurs étaient placés entre des dames, et ce fait resta ignoré jusqu'au moment où les plans des tables furent visibles dans le vestibule. Le résultat fut curieux.

La plupart des dames anglaises rejoignirent leurs maris. Seules, les Françaises semblaient avoir le courage de supporter la séparation !

[1] *Electrical Times* du 29 mai 1913.

Notre président français, M. Berthelot, fut très populaire parmi tous pendant toute la semaine. Il ne parlait que français, mais sa parole est claire et mesurée. A ce propos, cela valait la peine de venir à Paris, ne fût-ce que pour faire connaissances avec des hommes comme celui-là, ou avec M. Thury et le commandant Ferrié auxquels l'auditoire anglais est prêt à décerner des médailles de clarté et d'élégance; ils furent les orateurs les plus faciles à comprendre qu'on pût désirer. Il y a certainement à l'*Institut of Electrical Engineers* des orateurs anglais beaucoup moins compréhensibles pour des Anglais que ceux que nous avons entendus à Paris.

Il y a beaucoup à admirer dans cette visite notamment son organisation, mais franchement la discussion sur la traction électrique nous fit un peu honte à tous. Ce fut un débat entre experts français, où nous restâmes simples spectateurs. Ils avaient réuni tout leur talent en cette occasion; nul d'entre nous ne tenait à intervenir quand des spécialistes comme MM. Marius Latour, Gratzmuller, Mazen et Parodi eurent amorcé la discussion. Il est vrai que M. Slingo se leva pour passer en revue en anglais la question des courants vagabonds et leurs effets sur le télégraphe et le téléphone; mais des questions très discutées, comme le principe de l'emploi du monophasé opposé au principe du courant continu, étaient agitées passionnément; il y avait eu déjà un assaut rapide entre MM. Parodi et Gratzmuller, et, à vrai dire, quelques-uns parmi nous trouvèrent que ces courants vagabonds s'écartaient un peu de la question.

En tous cas cela donna du répit aux Français, ils écoutèrent avec une politesse imperturbable, car peu comprenaient — puis ils recommencèrent la discussion entre le continu et l'alternatif. Les Anglais avaient une supériorité; beaucoup d'entre eux pouvaient saisir au moins le sens du français. Pour les ingénieurs français, l'anglais restait en général incompréhensible!

Est-il possible que les Français qui prirent part à la discussion représentent, sur un tel sujet de traction électrique, plus d'expérience acquise que nous n'en pouvons réunir à Londres, où les deux systèmes discutés sont en exploitation? Ce sujet fut cependant traité avec plus de détails qu'il ne l'a jamais été chez nous. Quel expert anglais se soucierait de tant de données? Qui accumulerait si rapidement les faits et les chiffres?

Dans l'ensemble, ce fut un mauvais jour pour les champions du monophasé, bien qu'ils se défendissent brillamment. M. Gratzmuller ne put surmonter l'insistance de M. Parodi à demander un exemple concret de traction monophasé à 15 ou 16 périodes par seconde ayant bien réussi. Le refrain de la critique de M. Parodi était : « Vous nous proposez trop d'estimations, de projets et de déductions et pas assez d'exemples d'installations ayant fait leurs preuves. »

Ces questions sont très importantes, si importantes que nous avons été surpris que l'on ait tant négligé chez nous la discussion de l'électrification des chemins de fer.

Mais la séance la plus agréable fut la moins importante au point de vue de la grosse industrie. Les jolies choses furent gardées pour la fin. C'étaient la conférence de M. Claude et ses expériences sur les tubes lumineux, et aussi la conférence de M. le commandant Ferrié. Celui-ci s'occupa de l'application de la T.S.F. aux signaux de transmission de l'heure exacte. Sa conférence fut un régal, ses expériences fort belles, illustrant très clairement ses arguments que tout le monde pouvait très bien suivre.

La conférence sur le tube au néon de M. Claude, et surtout les expériences montrant la combinaison des tubes au néon et des tubes à mercure, ainsi que les deux éléments dans le même tube, ont obtenu plus de succès que beaucoup de rapports arides et ont agréablement terminé ce petit congrès. C. H.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 17 mars 1913.

Sur les propriétés magnétiques de quelques hydrates solides de cuivre et de chrome, par Mlle E. Feytis. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Oscillations hertziennes produites par des décharges intermittentes partant des taches isolées d'une cathode dans un tube de Crookes, par M. Kr. Birkeland. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 25 mars 1913.

Sur la conductibilité électrique du tellure, par Mlle Paule Collet. — J'ai étudié la conductibilité de trois masses de tellure polies, à faces parallèles de 0,5 à 2 mm d'épaisseur. L'orientation cristalline de ces échantillons n'a aucune action sur les phénomènes observés. Les électrodes mises en contact avec le tellure sont des lames métalliques polies ou des fils de section variable, amenés au centre d'une plaque d'ébonite. Avec ce montage, le tellure ne fonctionne pas comme détecteur d'ondes.

Les expériences ont porté sur quatre points principaux.

I. *Influence de la pression sur la résistance.* — Tant que la pression est inférieure à une valeur P_1 (30 à 40 g par mm²), la résistance varie de façon très irrégulière, ce qui est dû à de mauvais contacts rompus ou établis par le courant.

A partir de la valeur P_1 la résistance, pour une différence de potentiel donnée, demeure constante jusqu'à une valeur P_2 de la pression.

Au delà de la valeur P_2, la différence de potentiel demeurant constante, un accroissement de pression provoque une diminution de résistance; de plus les variations

de la résistance avec la différence de potentiel deviennent de moins en moins marquées :

Différences de potentiel, en volts	0,25	0,46	1,84
Résistances sous pression P_1, en ohms. . .	4	3,75	2,3
Résistances sous forte pression, en ohms .	1,91	1,87	1,5

II. *Forces électromotrices résiduelles.* — Après le passage, pendant une minute environ, d'un courant excitateur, le tellure est le siège d'une force électromotrice résiduelle, dont la grandeur et le sens dépendent de la nature des contacts.

Le plus souvent cette force électromotrice garde le même sens et presque la même grandeur lorsqu'on renverse le courant. Le phénomène est du reste très capricieux et paraît complexe. Pour une force électromotrice de 2 volts, par exemple, la force électromotrice résiduelle atteint 0,001 volt; elle ne disparaît qu'après 6 à 10 minutes.

III. *Influence de la durée de passage du courant.* — A. Pour des durées excédant plusieurs secondes, la résistance est fonction du temps pendant lequel passe le courant.

Aux intensités inférieures à 25 milliampères le passage prolongé du courant développe une force électromotrice toujours de même sens qui accroît la résistance apparente pour un courant d'un certain sens et la diminue dans le sens inverse.

Si l'intensité dépasse 0.06 ampère, le passage prolongé du courant se produit avec des saccades dans l'intensité et la différence de potentiel. Mais l'effet, pour des intensités plus faibles, est une diminution marquée et d'ailleurs temporaire de la résistance. Peu à peu, à ces faibles intensités, la résistance reprend la valeur qu'elle avait avant le passage des courants intenses.

La création, aux faibles intensités, d'une force électromotrice indépendante du sens du courant peut s'expliquer par un effet Joule échauffant inégalement les deux électrodes. Quant aux courants intenses, amenés par des électrodes de surface inférieure à 1 mm², ils provoquent des échauffements énormes et localisés, accompagnés même de fusion et de recristallisation, ce qui explique l'irrégularité de leur passage et les modifications, d'ailleurs temporaires, qu'ils apportent dans la résistance.

B. Pour des durées de passage de l'ordre d'une fraction de seconde, la résistance a pour chaque intensité une valeur bien déterminée, unique et indépendante du temps pendant lequel passe le courant.

Ce temps variant, par exemple, de 1 à 5 pour une intensité de 0,52 ampère, les valeurs de la résistance sont 3,59 ohms et 3,46 ohms.

IV. *Rôle de la force électromotrice appliquée aux bornes des électrodes.*

Dans les expériences qui suivent, la durée de passage du courant a varié de 1/15 à 1/5 de seconde environ ; la résistance ne dépendant pas de cette durée, il semble qu'on doive écarter toute explication qui fasse intervenir des actions thermo-électriques.

Si e est la force électromotrice, i l'intensité, la courbe en e, i part de l'origine avec une inclinaison assez forte.

Tantôt elle est tout d'abord rectiligne, puis un coude brusque l'amène à une branche parabolique à grande courbure ($i = ae^2 + be + c$). Ceci a lieu avec des contacts un peu instables à électrodes peu serrées et constituées toutes deux par des pointes. Tantôt, au contraire, la courbe a, dès l'origine, une allure parabolique ($i = ae^2 + be$); le coude s'efface et, pour des intensités voisines de 1 ampère, les courbes des deux catégories deviennent parallèles.

Aux fortes pressions, on obtient toujours des courbes de la seconde catégorie qui sont d'autant plus voisines d'une droite que la pression et la surface des électrodes sont plus grandes.

En général, la courbe est symétrique par rapport à l'origine, au moins dans sa partie parabolique. Cependant, lorsque les deux électrodes sont des pointes, on constate des dissymétries assez marquées qui s'accentuent avec l'intensité et se manifestent souvent, à partir d'une certaine valeur de i, par un glissement de la branche parabolique parallèlement à l'axe des ordonnées.

Séance du 31 mars 1913.

Sur les images multiples que présentent les rayons X après avoir traversé des cristaux, par M. de Broglie. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 7 avril 1913.

Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure, par M. A. Tian. — J'ai eu l'occasion de signaler, à propos des phénomènes exercés par la lumière ultraviolette sur l'eau, l'opposition qui existe entre les propriétés chimiques des rayons de très courte longueur d'onde ($\lambda < 1900$ angströms) et celles des autres radiations ultraviolettes, ces dernières se bornant souvent à détruire les combinaisons endothermiques produites par les premières. Cette différence d'action, d'ailleurs, a été récemment développée par M. D. Berthelot.

Il est donc nécessaire, quand on cherche à réaliser les effets chimiques des radiations extrêmes (ozonisation de l'air, peroxydation de l'eau, décomposition de l'acide chlorhydrique, etc.), d'utiliser une source de ces rayons donnant une proportion aussi faible que possible de ceux doués des propriétés inverses. En pratique, à cause de sa puissance et de sa commodité, on emploie presque toujours la lampe en quartz à vapeur de mercure ; il faut alors la soumettre à un *bas régime électrique* : l'émission totale des radiations ultraviolettes de cette source croît en effet énormément avec la tension appliquée [1], tandis que l'énergie des rayons les plus réfrangibles ($\lambda < 1900$) varie relativement beaucoup moins [2].

[1] Kuch et Retchinsky, *Annalen der Physik*, t. XX, 1906, p. 563. — Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 93.

[2] A. Tian, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 141. — L'altération progressive des lampes poussées, qui se manifeste surtout dans l'émission des rayons extrêmes, conduit également à n'adopter qu'un bas régime électrique.

D'autre part, à cause de la petitesse des rendements photochimiques et du peu d'énergie des radiations de très faibles longueurs d'onde, même émises par l'arc au mercure, il importe, pour obtenir des effets chimiques, sensibles, de *diminuer le plus possible la distance à la source*. L'enveloppe de quartz des lampes à vapeur de mercure fonctionnant à basse tension est à une température peu élevée et l'on en pourra sans danger approcher la préparation, souvent même jusqu'au contact. Cependant, par leur forme complexe, électrodes, ailettes ou ampoule de refroidissement, les lampes en usage dans les laboratoires ne se prêtent pas simplement à une immersion dans un liquide ou un gaz, au moins dans des conditions chimiques acceptables. Il paraît donc utile de construire un modèle destiné à supporter normalement une basse tension, et dont la forme soit mieux appropriée.

La construction de pareilles lampes permet d'ailleurs une grande simplification : grâce à leur faible échauffement, facile à diminuer encore par une réfrigération convenable, on n'a plus à craindre la rupture par inégalité de dilatation du raccord quartz-verre. On peut alors, évitant toute introduction d'électrodes à travers l'enveloppe de quartz, réunir celle-ci, par un rodage, à une pièce de verre à laquelle sont soudées les arrivées de courant.

J'ai construit ainsi quelques lampes dont la partie en quartz transparent a la forme d'un tube à essai. Un peu de mercure placé au fond sert de cathode ; le courant lui est amené par un fil de fer protégé par un petit tube de quartz opaque occupant l'axe de la lampe ; l'anode est un petit cylindre de fer. Enfin le support en cuivre maintenant la lampe par le haut, avant le rodage, sert en même temps à la refroidir par conductibilité : elle ne perd ainsi rien de sa forme dégagée.

Cet arc au mercure peut être alimenté par du courant alternatif : il faut, dans ce cas, mettre deux anodes constituées par des palettes de fer séparées l'une de l'autre par une lame de mica, et souder une troisième entrée de courant au bouchon de verre.

La lampe ainsi construite fonctionne dans toutes les positions, depuis la verticale jusqu'à une faible inclinaison sur l'horizontale. D'une construction simple et peu coûteuse, elle paraît se prêter particulièrement bien aux recherches de laboratoire.

Séance du 14 avril 1913.

Sur la réflexion des rayons de Röntgen, par M. de Broglie. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Réception au Morse de radiotélégrammes et inscription photographique simultanée, par M. Albert Turpain. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur la variation de résistance électrique du sélénium irradié par les rayons X et les rayons du radium, par M. H. Guilleminot. — L'étude de l'action des rayons X et des rayons du radium sur la résistance du sélénium a déjà donné lieu à de nombreux travaux. Les recherches que je poursuis depuis plus d'un an sur ce sujet, me paraissent avoir apporté quelques résultats intéressants.

Mon dispositif expérimental consiste en un pont de Wheatstone fait de 10 000 ω dans chacune des branches supérieures et d'une résistance réglable de 350 000 ω dans l'une des inférieures. La cellule de sélénium placée dans la quatrième branche est de la construction Ancel ; elle mesure 9 cm². Elle est protégée par une feuille de mica que j'ai recouverte de deux feuilles de papier aiguille rigoureusement opaques à la lumière, et d'un volet de plomb de 1 cm d'épaisseur s'ouvrant à volonté. Le galvanomètre est un Chauvin et Arnoux à miroir, dont l'échelle est à 85 cm.

J'ai dressé un tableau des chutes de résistance correspondant aux degrés de déviation de l'index pour chaque résistance initiale, en mettant à la place de la cellule de sélénium une boîte de résistances portée successivement à des résistances initiales de 100 000, 110 000, ..., 300 000 ω, et dans chacun de ces cas j'ai abaissé la résistance de 1000, 2000, ..., 10 000 ω en observant les déviations du galvanomètre.

J'ai dressé des courbes dans lesquelles les résistances initiales sont portées en abscisses, les déviations en ordonnées. Chaque courbe correspond à une chute de résistance donnée de 1000 en 1000 ω, de 0 à 100 000 ω. Il est facile ainsi de convertir, à simple lecture, les déviations en chute ohmique, connaissant la résistance initiale.

La cellule de sélénium que j'ai en expérience varie de résistance *avec la température* dans les proportions suivantes : de 350 000 ω à 3° C., elle passe à 254 000 ω à 10° C. environ ; à 200 000 ω à 15° C. ; à 150 000 ω à 20° C., etc. Ces variations se font très lentement et la cellule est toujours longue à se mettre en équilibre avec la température ambiante. Elle est d'ailleurs fixée dans une boîte en bois. Par contre, elle est d'une sensibilité remarquable à des variations minimes de température. La présence d'une personne dans le laboratoire suffit pour diminuer la résistance. Aussi ne peut-on obtenir la fixité absolue, mais seulement un régime de variation constant et facile à déterminer par une observation préalable de 5 minutes, précédant chaque expérience.

La cellule varie aussi de résistance *avec la tension* ; ainsi la résistance qui, à 18°, sous 4 volts est de 167 000 ω, passe à 177 000 ω sous 1 volt et n'est plus que de 148 000 ω sous 10 volts, 118 000 ω sous 20 volts, etc. Mais j'ai toujours opéré sous la tension constante de 4 volts aux bornes du pont, et quand, par le fait même des chutes de résistance dues à l'irradiation, la tension aux bornes de la cellule subit une variation, cette variation n'est que de l'ordre du centième de volt (il passe de 3,87 volts à 3,80 volts par exemple, quand la résistance passe de 300 000 à 190 000 ω), ce qui n'entraîne qu'une erreur de quelques centaines d'ohms au maximum.

Voici comment j'opère pour étudier l'action des rayons X et des rayons du radium. Durant 5 minutes, j'observe avant chaque expérience le régime de variation de la cellule. Si, du fait des variations thermométriques, la résistance varie de plus de 250 ω par minute, j'ajourne l'expérience. Au-dessous de 250 ω, j'apporte une correction dans les résultats. Ensuite, je soumets la cellule à l'action du rayonnement durant 4 minutes.

Le tableau suivant indique les chutes de résistance, en fonction du temps, données par un rayonnement X moyen (n° 5 à 7, Benoist), quand son intensité est de une unité $\mathfrak{M}$ mesurée par mon procédé fluoroscopique de comparaison avec un étalon de radium (1).

R initiale.	Chute de résistance en fonction du temps.									
	15s.	30s.	45s.	1m.	1m30s.	2m.	2m30s.	3m.	3m30s.	4m.
	ω	ω	ω	ω	ω	ω	ω	ω	ω	ω
140 000	10 500	15 000	18 000	20 000	22 100	23 200	24 000	24 500	24 700	25 000
150 000	11 600	16 800	20 500	23 000	25 200	26 500	27 500	28 100	28 500	29 000
160 000	12 800	18 500	23 200	26 100	28 400	29 800	31 000	31 800	32 300	32 900
170 000	14 100	20 500	26 000	29 300	32 200	34 000	35 500	36 500	37 000	37 400
180 000	15 600	23 000	29 000	32 700	36 000	38 000	40 000	41 000	42 000	42 500
190 000	17 400	25 200	32 000	35 900	39 500	42 300	44 500	46 000	47 000	47 500
200 000	19 000	27 800	34 500	39 000	43 500	46 800	49 000	50 500	51 800	52 200
210 000	21 000	29 900	37 000	42 000	47 000	50 900	53 500	55 100	56 500	57 400
220 000	22 500	32 000	39 500	45 000	51 000	55 000	58 000	60 000	61 500	62 200
230 000	24 100	34 200	42 000	48 100	55 000	59 400	62 500	64 800	66 100	67 200
240 000	25 800	36 500	44 500	51 000	59 000	64 000	67 200	69 200	71 000	72 200
250 000	27 500	38 800	47 000	54 200	62 800	68 000	71 500	74 000	75 500	77 000

Ces chiffres m'ont permis de dresser les courbes caractéristiques de l'unité de rayonnement pour chaque résistance initiale. J'ai fait les mêmes mesures pour des rayonnements de 0,5$\mathfrak{M}$, 0,25$\mathfrak{M}$, etc., et pour le rayonnement du radium.

Il est difficile de conserver un tube à rayons X à l'état stable. C'est à l'aide du tube Villard que j'ai pu obtenir une constance suffisante pour établir mes moyennes; en général, les tubes varient d'une façon assez notable au cours des quatre premières minutes de fonctionnement.

J'ai utilisé ces résultats : 1° pour apprécier précisément le degré de constance des tubes; 2° pour des mesures radiométriques plus précises que celles données par la fluorométrie; 3° pour le calcul de l'absorption par les filtres.

(1) En valeur absolue, c'est l'intensité du rayonnement qui, agissant normalement sur la solution chloroformique d'iodoforme à 2 pour 100 de Freund-Bordier, et suivant 1 cm^2 de surface et 1 cm de profondeur, libère 1.10^{-8} g d'iode en un temps égal à 1 seconde.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 4 juin 1913.

M. Berthelot, président, rend compte du Congrès des Ingénieurs-électriciens d'Angleterre et de France (21 au 24 mai 1913). Le programme de cette réunion comportait, ainsi que *L'Industrie électrique* l'a signalé, des discussions techniques, des visites d'usines et d'installations électriques (Saint-Denis, Triphasé, Métropolitain, Nord-Sud, Omnibus), l'ascension de la Tour Eiffel avec la visite du poste de télégraphie sans fil, la visite du laboratoire aérodynamique de M. Eiffel; un banquet au palais d'Orsay et des excursions auxquelles prirent part les électriciens des deux nations.

Nous donnons page 288 quelques réflexions suggérées à un de nos confrères anglais, par cette visite en tous points très intéressante.

Sur un nouveau perméamètre universel, par M. A. Iliovici. — Nous avons donné précédemment avec détails le principe de cet appareil (1); M. Iliovici en présente une forme définitive. Chacun des bobinages est muni d'un rhéostat composé d'une partie discontinue et d'une partie continue enroulée sur un tore et sur laquelle frotte un curseur, ce qui permet un réglage sensible. La bobine destinée à la mesure du flux est en deux parties ayant respectivement 25 et 75 spires afin de limiter les indications du fluxmètre pour les fortes inductions.

L'appareil permet d'atteindre un champ de 400 gauss; on obtient avec le perméamètre Iliovici les mêmes résultats qu'avec le perméamètre Picou et le tore, lorsque ces deux dispositifs concordent entre eux. Pour des champs de 150 à 200 gauss, l'appareil s'écarte au maximum de 1 à 2 pour 100 de la méthode du tore.

L'alimentation est faite sous 12 volts pour 200 gauss, sous 24 volts pour 400 gauss; un réducteur de courant permet néanmoins le fonctionnement sous 110 volts.

La bauxite et le four électrique, par M. G. Flusin. — La bauxite est un minerai composé essentiellement d'alumine hydratée, avec, comme impuretés, de l'oxyde de fer, de la silice, de l'acide titanique.

Le corindon est de l'alumine anhydre; extrêmement dur, il tient le n° 9 de l'échelle de dureté; c'est donc un abrasif de premier ordre.

L'émeri est un corindon impur, contenant jusqu'à 50 pour 100 d'oxyde de fer et de silice; quoique sa dureté ne soit que de 6 à 8, c'est néanmoins un abrasif apprécié. La fabrication des meules d'émeri artificiel (1880 à 1885) a substitué, dans maintes industries, le travail des métaux par meulage au travail par tournage; pour cet usage, le four électrique permet d'obtenir des blocs d'alumine fondue plus pure que le corindon naturel. On obtint au début ce résultat en utilisant les laitiers provenant de la fabrication de ferro et cuproaluminium. On utilisa ensuite l'alumine impure, affinée par fusion avec du charbon; les impuretés de la bauxite étant plus facilement réductibles que l'alumine, on obtient un bain surnageant d'alumine relativement pure (1898-1906). C'est en cela que consiste la fabrication des corindons artificiels : carborandum, alundon, diamantine, borocarbone.

Pour cette fabrication, la bauxite, contenant soit 20 à 24, soit 30 à 32 pour 100 d'eau de constitution, est calcinée vers 800 à 1000° dans des fours rotatifs; il lui reste alors environ 1 pour 100 d'eau. On l'introduit ensuite dans le four électrique avec addition ou non de carbone, et parfois avec de la magnésie, de l'oxyde de fer, de l'oxyde

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 490 du 25 mai 1912, p. 228.

de titane, de la silice, de la glucine, de l'acide borique, ces additions devant modifier le pouvoir abrasif. On employa d'abord des fours à marche par coulée, dont le débouchage était difficile à cause de la dureté du corindon formé; de plus, le refroidissement brusque de la masse coulée la rendait fragile. On emploie aujourd'hui la marche en pains, c'est-à-dire que l'on relève l'électrode supérieure au fur et à mesure du fonctionnement et lorsque le four est plein, on le laisse refroidir après l'avoir remplacé par un autre. Les fours fonctionnent soit par arc, soit par simple résistance.

Le rendement est de 3,8 tonnes pour une puissance de 736 w-an pour la simple fusion de la bauxite et de 2,5 à 3 tonnes pour la fusion affinante.

La masse obtenue, qui présente des géodes, est soumise au cassage, au tamisage, au classage, et les poudres sont utilisées en agglomérés céramiques pour la fabrication des meules dont les variétés sont nombreuses (la Compagnie Norton a 1100 variétés pour une forme et une dimension données).

La fusion réductrice généralement employée a l'inconvénient de donner du carbure d'aluminium qui se décompose par l'eau en donnant du méthane et en se désagrégeant, ce qui donne du corindon poussiéreux. On enlève ce carbure, soit en évitant l'affinage, et en employant une fusion rapide, afin d'atténuer l'action du carbone de l'électrode qui peut être en graphite spécial, soit en faisant subir un grillage oxydant au produit obtenu, soit encore en le soumettant à l'action d'une solution alcaline ou en le chauffant vers 1000 à 1200° avec du chlorure de sodium.

Il est possible d'obtenir de l'alumine pure (pour la fabrication de l'aluminium) en traitant la bauxite au four avec la quantité de charbon strictement nécessaire pour l'elimination des impuretés; mais cette alumine tombe en poussière et se dissout mal dans le bain de cryolithe des fours à aluminium.

Le ferrosilicium à 15 pour 100 de silice, le silicoaluminium à 50 pour 100 d'aluminium obtenu par action du charbon sur la bauxite tombent également en poussière; il n'en est pas de même pour le ferrosilicoaluminium (à 44 pour 100 de silicium et 15 pour 100 d'aluminium) obtenu avec la silice à l'état de quartzite et avec une allure très chaude, si la température est supérieure à celle de stabilité du carbure d'aluminium qui, dans ce cas, se volatilise.

En réduisant par le charbon de l'alumine très pure, on obtient des cristaux jaunes de carbure d'aluminium très pur, qui, par refroidissement lent, laisse suinter (vers 700-800° C) la moitié de son aluminium en redevenant brun.

Le procédé Serpek pour la fabrication du nitrure d'aluminium, utilisé à Vizille près de Grenoble et en Norvège, consiste à porter dans un four électrique avec atmosphère d'azote, à une température supérieure à 1600°, un mélange de bauxite et de charbon en proportion voulue pour réduire toute l'alumine. On obtient un nitrure d'aluminium presque pur sous forme d'une masse cristalline bleue et blanche en aiguilles très piquantes et très fragiles; les parties bleues contiennent 31 pour 100 d'azote, les blanches 32, alors que le nitrure pur contient 34 pour 100 d'azote.

Par l'action de l'eau ou d'une solution alcaline, l'azote se dégage en ammoniaque, et il reste de l'alumine ou un aluminate alcalin. La bauxite donne un nitrure impur à 17 à 22 pour 100 d'azote; de plus, une grande partie des impuretés de la bauxite disparaissent par le traitement.

Le sulfate d'ammoniaque obtenu comme sous-produit de fabrication de l'alumine dans le procédé Serpek permet une notable diminution du prix de l'aluminium.

Détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire, par M. P. Jégou. — Ce détecteur, très sensible et très stable, est obtenu avec une cathode constituée par un amalgame de mercure et de zinc (1). Nous reproduisons ci-dessous un tableau de tensions critiques relevées par M. Jégou :

Tension critique anodique :		
Cathode plomb	2,8 à	2,9 volts.
— platine		2,6 —
— mercure	2,1 à	2,2 —
— mercure-zinc		2,9 —
— charbon		2,5 —
Tension critique cathodique :		
Anode plomb		2,3 —
— platine		2,2 —
— mercure		0,3 —
— mercure-zinc		0 —
— charbon	2 à	2,1 —

P. G.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Sous-stations des réseaux à très haute tension. — La *General Electric Review* vient de publier une étude comparative de Rhoades sur les sous-stations des réseaux dont la tension est supérieure à 60000 volts. Ce travail divise les sous-stations en trois groupes :

1° Installations non protégées dans lesquelles le tableau et les pompes sont seuls placés dans des locaux couverts.

2° Installations demi-protégées dans lesquelles les machines et appareils sont disposés dans des hangars à l'exception des entrées de fils et des appareils protecteurs.

3° Installations en bâtiments fermés.

Le nombre des pylones doit être augmenté pour les installations non protégées afin de diminuer les portées à l'arrivée.

Le tableau suivant indique les prix et encombrements des trois systèmes pour une sous-station de 9000 kw; les chiffres en francs sont à majorer de 4 pour 100 environ. Les surfaces indiquées suffisent pour 18000 kw. Les bâtiments sont supposés à parois métalliques.

---

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 511 du 10 avril 1913, p. 164.

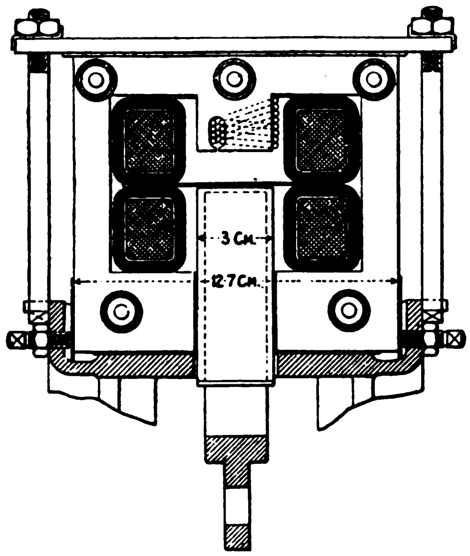
DIFFÉRENTES PARTIES.	PRIX DE LA SOUS-STATION EN FRANCS (+ 4 pour 100)		
	COUVERT.	MI-COUVERT.	OUVERT.
Bâtiments et accessoires	165 000	115 000	100 000
Équipement électrique (110000/45000 v)	450 000	450 000	475 000
Bobines de self et arrivées	50 000	44 500	44 000
Travaux d'installations	25 000	42 500	40 000
Totaux	690 000	682 000	659 000
Superficie en m²	2 300	4 900	4 500

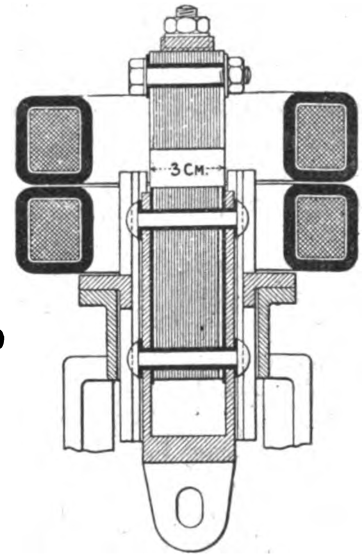
La différence de prix est assez faible ; par contre les conditions de marche des installations à l'air libre sont défavorables, surtout en ce qui concerne les interrupteurs.

M. A.

Contacteur pour courant alternatif. — On sait quelles difficultés on rencontre lorsque l'on veut réaliser de bons électro-aimants à courant alternatif. Dans le but de se rendre compte du fonctionnement de ces appareils, les laboratoires du King's College de Londres ont entrepris une série d'essais très intéressants dont nous donnerons un résumé.

L'électro-aimant utilisé était celui représenté (fig. 1 et 2) comportant deux bobines magnétisantes que l'on pouvait coupler en série ou en parallèle. Lors des essais elles étaient en série présentant un nombre total de spires de 1276 et une résistance ohmique de 18 ohms.





Dans une des pièces on a aménagé une encoche dans laquelle on a fait passer un enroulement fermé en court-circuit. Le but de cette disposition est, comme dans les compteurs à champ tournant, d'obtenir un champ auxiliaire déphasé par rapport au champ principal Cette bobine n'avait que 9 spires en fil légèrement *résistant*, sa valeur ohmique était de 0,062 ohm.

On fit tout d'abord une série d'essais avec du courant continu et un balistique pour déterminer la loi de l'attraction, puis on utilisa du courant alternatif à 130 v et 55 p : sec. On commença par ouvrir le circuit de l'enroulement auxiliaire et l'on trouva que l'induction *B* était de 6140 gauss dans la partie embrassée par la bobine et 1785 g à côté. En fermant la bobine en court-circuit, l'induction augmentait dans la région non embrassée par la bobine et diminuait dans celle-ci de telle façon que l'induction prenait une valeur uniforme. A ce moment la phase des deux flux différait notablement, mais la différence diminuait à mesure que l'entrefer augmentait de telle sorte que l'introduction d'un entrefer de 1,5 mm diminuait l'attraction de 5 pour 100.

Une autre série d'expériences fut faite avec des bobines de self ou des condensateurs en circuit avec la bobine auxiliaire formant écran mais sans résultat meilleur.

En résumé il résulte de ces essais que, dans un électro-aimant à courant alternatif avec bobine en court circuit on obtient de bons résultats lorsque l'armature est au collage, mais les avantages procurés par l'écran magnétique diminuent très vite avec l'augmentation de l'entrefer. (*The Electrician*, 28 mars 1913.)

Installation des transformateurs à l'air libre. — Alors qu'il y a trois ans la puissance la plus forte des transformateurs qu'on installait à l'air libre ne dépassait pas 500 kv-A à 60000 volts, on compte aujourd'hui 22 installations américaines à l'extérieur, comprenant 80 transformateurs avec des unités de 3300 kv-A pour des tensions de 110000 volts. Le principal avantage de ces sous-stations est leur prix inférieur de 10 à 30 pour 100 à celui des stations fermées. Par contre la protection des appareils contre l'humidité et les intempéries exige un supplément de 6 à 8 pour 100 sur le prix des appareils normaux. Un second avantage des stations à l'air libre est la facilité qu'elles présentent pour les agrandissements et les transformations ; la diminution du danger d'incendie ; le refroidissement plus intense, supposé compensé cependant par l'existence d'une paroi protectrice contre les rayons du soleil. Leur inconvénient est leur accès facile et le danger qu'elles courent d'être détériorées ou d'occasionner des accidents. Il est nécessaire de les entourer de grillages. La protection contre les intempéries ne présente aucune difficulté ; une petite bobine à résistances suffit à empêcher la condensation ou la congélation de l'eau à l'intérieur des appareils.

La protection des interrupteurs haute tension installés à l'extérieur est beaucoup plus difficile. Les types d'appareils les mieux appropriés semblent être les interrupteurs à huile, qui n'exigent aucun refroidissement additionnel à l'air libre. Un très grand soin doit être apporté au séchage de l'huile au moment de la mise en service. Il est bon d'activer le refroidissement pendant les mois d'été, en disposant un petit ventilateur entre les parois protectrices et les transformateurs. (*Proceed. A. I. E. E.*, nov. 1912).

M. A.

MESURES

Construction des wattmètres enregistreurs. — Dans les wattmètres enregistreurs les plus répandus, les courbes sont tracées sur un papier animé d'un mouvement continu. Ces appareils sont peu commodes pour l'enregistrement de puissance à fortes variations par suite du manque de netteté des courbes. Les appareils à points ou à étincelles donnent des courbes précises, mais difficiles à distinguer et à planimétrer.

Par contre certains compteurs avec indicateurs de charge peuvent servir sans difficulté à l'indication de charges très

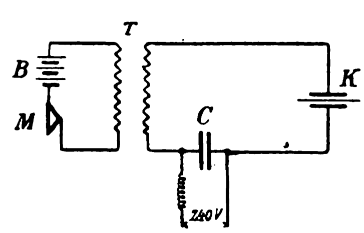
variables. C. Agthe propose de partir de ces appareils pour les transformer en wattmètres enregistreurs, en procédant de la façon suivante : l'équipage mobile entraînant l'indicateur de charge est relié à un porte-plume qui se déplace sur un cylindre porte-papier. L'équipage et par suite le porte-plume sont ramenés au zéro à des intervalles de temps déterminés. Environ 0,5 seconde après ce retour au zéro un mouvement d'horlogerie imprime au cylindre porte-papier un déplacement de 0,5 à 1 mm, et le jeu de l'indicateur recommence. On peut enregistrer de cette façon des courbes de charge à variations très brusques, sans que la vitesse de rotation du papier ait besoin d'être grande.

La courbe obtenue n'indique pas la charge instantanée mais représente l'intégrale de cette charge pour chacun des intervalles de temps choisis, ce qui suffit dans la majorité des cas. La valeur de cette intégrale peut d'ailleurs être prise très voisine de la valeur instantanée en choisissant des intervalles de temps assez petits.

Cette méthode permet la construction de wattmètres enregistreurs pour courants continu, alternatif simple et polyphasés. (C. Agthe, *E. C. M.*, n° 50, 1912.) M. A.

TÉLÉPHONIE

Condensateur pour téléphones. — Ort et Rieger décrivent leur condensateur pour téléphones consistant en papier de soie imprégné de laque sur lequel est collé du « Stanniol ». Le condensateur ainsi obtenu possède une capacité de 0,05 microfarad et vibre dans son ensemble comme une membrane. Sa résistance d'isolement est d'environ 0,5 mégohm. Le papier de soie peut être remplacé avantageusement par une membrane de caoutchouc très mince de 0,03 à 0,05 mm d'épaisseur, recouverte sur les bords par une bande d'aluminium de 0,001 mm. Le tout est tendu sur un tambour d'aluminium. La résistance d'isolement mesurée sous 240 volts est de 400 millions d'ohms, et la capacité de 0,088 microfa-



rad. L'expérience montre qu'il n'est possible d'obtenir une bonne transmission que lorsque le condensateur est monté sur une tension de polarisation d'au moins 240 volts. Le montage est représenté sur la figure ci-dessus. Le microphone M est relié à travers la batterie B au primaire du transformateur T dont le circuit secondaire comprend un condensateur C de 2 microfarads, et le condensateur téléphonique K. Le condensateur C se trouve réuni à la source de polarisation à 240 volts qui joue dans ce cas le même rôle que l'aimant permanent du téléphone Bell. La hauteur du ton obtenu sans polarisation surpasse d'un octave la voix normale, ce qui rend les paroles prononcées incompréhensibles.

La grandeur de la capacité et son indépendance de la périodicité sont d'une grande importance. On sait que, dans le téléphone électro-magnétique, le coefficient de self-induction varie avec la fréquence par suite de l'oscillation de la membrane, ce qui a pour effet d'occasionner un manque de netteté. Cet inconvénient n'existe pas avec le condensateur qui n'a pas de vibrations mécaniques. Les oscillations électriques qui prennent naissance par suite de la résonance peuvent être toujours ramenées au-dessous de la valeur admissible de 6000 en agissant sur le coefficient de self-induction du transformateur. Une comparaison des sensibilités des deux systèmes de téléphones montre qu'elles sont égales. Il en est de même des rendements.

L'avantage du condensateur consiste en ce qu'on peut l'employer comme appareil haut-parleur et lui faire transmettre des quantités d'énergie importantes sans qu'il se produise de déchirure de la membrane. La transmission est alors beaucoup plus nette qu'avec un téléphone électro-magnétique. (*Arch. f. Elektr.*, n° 5.) M. A.

Perturbations des lignes téléphoniques occasionnées par les chemins de fer à courant alternatif. — G. Stein donne un procédé de calcul du courant induit dans une ligne téléphonique par le courant à haute tension d'un chemin de fer à courant alternatif. Cette formule se réduit à l'expression simple $I = E\omega . C_{1.2}$ pour un seul fil et $I = E\omega(C_{1.2} + C_{1.3})$ pour deux fils. Dans ces formules I représente le courant traversant une bobine de mise à la terre placée au milieu de la ligne téléphonique, E est la tension de service du chemin de fer; $C_{1.2}$ et $C_{1.3}$ sont les capacités de la canalisation du chemin de fer par rapport aux deux fils de la ligne téléphonique.

L'auteur étudie comment varie cette intensité aux deux extrémités de la ligne téléphonique et quels moyens peuvent être employés pour supprimer le bruit dans les récepteurs.

Ces moyens sont les suivants :

1° Croisement des deux fils de la ligne téléphonique afin d'égaliser leurs capacités par rapport à la canalisation alimentant le chemin de fer. Les points de croisement doivent être déterminés d'après le plan de la voie; ils seront placés de préférence dans les gares et vers les points de voisinage de la ligne téléphonique avec les canalisations de plusieurs voies.

2° Montage d'une bobine de mise à la terre entre la ligne téléphonique et la terre afin de combattre l'influence des variations de la résistance d'isolement des deux fils de ligne. La résistance de la bobine ne doit pas être trop faible, afin de ne pas dériver le courant d'appel; les valeurs moyennes de cette résistance sont comprises entre 200 et 300 ohms.

3° Réglage des résistances des deux fils de ligne de façon à ce qu'elles soient égales.

L'auteur examine également la production de hautes tensions dans la ligne téléphonique dues à un contact accidentel ou à un court-circuit avec la ligne d'alimentation du chemin de fer. Les appareils téléphoniques doivent être protégés contre ces hautes tensions par des limiteurs très sensibles ou des transformateurs auxiliaires qui claquent sous l'influence des surtensions et mettent la ligne à la terre. Dans tous les cas, il sera bon d'employer des appareils téléphoniques spéciaux pour hautes tensions. (*E. T. Z.*, n° 33, 1912.)

M. A.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Chemins de fer électriques à courant monophasé à haute tension et faible fréquence. — Le n° 32, 1912, de l'*E. K. B.* contient d'intéressants renseignements sur différents chemins de fer électriques à courant monophasé en exploitation. Les essais de la ligne Dessau-Bitterfeld à 15000 volts et 16,66 périodes ayant été satisfaisants donnèrent l'idée d'étendre ce système à la ligne Leipzig, Magdebourg et Halle. L'alimentation est assurée par trois sous-stations, à raison d'une sous-station pour un parcours de 50 km.

Chacune d'elles contient trois ou quatre transformateurs de 1500 kv-A. La station centrale générale à turbines à vapeur possède trois turbo-alternateurs de 3300 kv-A. Chaque groupe de 4 chaudières (à tubes verticaux) d'un turbo-alternateur et

d'un transformateur forme un ensemble indépendant. L'appareillage est placé dans un bâtiment spécial. Le matériel comprend 72 locomotives pour trains rapides et trains omnibus.

La ligne alpine Spiez-Frutigen est actuellement en service sur un parcours de 75 km. Le courant d'alimentation est du monophasé 15000 volts, 15 p:s. Chaque locomotive est équipée de deux moteurs de 920 kilowatts capables de remorquer une charge de 300 tonnes sur une pente de 27 pour 1000 à la vitesse de 50 km à l'heure. Chaque moteur constitue en liaison avec son transformateur abaisseur et régulateur et son appareillage un groupe homogène indépendant. La section du fil de ligne est de 100 mm². L'écartement moyen des poteaux est de 60 m, la suspension est du type caténaire. L'énergie est fournie par deux stations hydraulico-électriques utilisant l'une une chute de 64 m, l'autre une chute de 30 m de hauteur.

Kleinow décrit également les chemins de fer électriques silésiens qui doivent entrer en service en 1914. La longueur de ligne est de 200 km présentant des pentes de 20 pour 1000 et des rayons de courbure de 188 m. Le courant est fourni par une station centrale minière comprenant 4 turbo-alternateurs de 4000 kw, 3150 volts et 16,66 p:s. La tension est élevée ensuite à 80000 volts et abaissée à 16000 dans quatre sous-stations de distribution alimentant les lignes. Le prix de revient de l'énergie est évaluée à 3,4 centimes le kw-h. La ligne à 80000 volts est supportée par des pylones distants de 200 m et suspendue au moyen de chaînes d'isolateurs. Un câble d'acier mis à la terre surmonte la ligne et sert de parafoudre. Le fil de ligne de chemin de fer est à double suspension caténaire. Le nombre total de locomotives prévues est de 72, la vitesse maxima est de 90 km à l'heure.

D'autres lignes équipées en courant monophasé 15000 volts, 15,66 périodes ont réalisé des économies très sensibles sur la traction à vapeur. M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

442 444. — **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'Usines à gaz.** — *Ampèremètre thermo-électrique pour haute fréquence* (11 avril 1912).

442 445. — **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'Usines à gaz.** — *Ampèremètre thermique pour haute fréquence* (11 avril 1912).

442 448. — **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'Usines à gaz.** — *Commutateur permettant d'enregistrer d'une façon distincte plusieurs courbes sur un seul diagramme* (11 avril 1912).

442 553. — **Firme Hasler A. G.** — *Système magnétique avec armature polarisée pour courant alternatif et courant continu intermittent* (22 avril 1912).

442 586. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Nouveau mode de construction des bobines d'induction* (23 juin 1911).

442 635. — **Porte.** — *Prise de dérivations pour conducteurs électriques* (17 avril 1912).

442 651. — **Von Kramer et Krapp.** — *Relais à lame vibratoire* (18 avril 1912).

15 726/409 158. — **Drault et Raulot-Lapointe.** — *Commutateur redresseur automatique* (4 avril 1912).

442 548. — **Société dite : Patents Purchasing C°.** — *Perfectionnements aux fours électriques à arc* (15 avril 1912).

442 554. — **Dumilier.** *Perfectionnements dans les appareils de haute fréquence et les bobines d'induction* (15 avril 1912).

446 641. — **Boirault.** — *Appareil de connexion électrique pour wagons* (29 juillet 1912).

446 395. — **Schiessler.** — *Système d'appareils pour la télégraphie et la téléphonie sur longs conducteurs* (17 février 1912).

446 444. — **Baussois et Delebois.** — *Appareil téléphonique* (1er juillet 1912).

446 580. — **Colonna.** — *Relais télégraphique polarisé* (27 juillet 1912).

16 228/427 186. — **Bourdon.** — *Perfectionnements apportés aux appareils électriques de transmission d'ordres* (28 septembre 1911).

446 466. — **Firme Robert Bosch.** — *Dispositif pour le décalage du moment d'allumage des magnétos* (22 juillet 1912).

446 553. — **Fontecha.** — *Dispositif de démarrage pour moteurs électriques* (26 juillet 1912).

446 561. — **Schuler.** — *Procédé pour actionner des instruments perculeurs électro-magnétiques au moyen de sources de courants alternatifs* (26 juillet 1912).

446 601. — **Parsons.** — *Perfectionnements aux machines dynamo-électriques* (27 juillet 1912).

446 437. — **Société A. G. Brown Boveri et Cie.** — *Procédé et appareil permettant la mise en circuit et hors circuit neutralisée de commutateurs, fusibles, etc., pendant la marche sur courant alternatif* (26 juin 1912).

446 431. — **Société d'électricité Mors.** — *Dispositif permettant d'actionner individuellement plusieurs appareils électriques au moyen d'une seule ligne* (2 octobre 1911).

446 483. — **Hildebrand.** — *Transformateur de courant de faible intensité pour courant continu* (24 juillet 1912).

446 520. — **Porte.** — *Coupe-circuit à écartements multiples* (25 juillet 1912).

445 521. — **Porte.** — *Appareil de contrôle d'équilibre pour réseaux électriques* (25 juillet 1912).

446 522. — **Porte.** — *Conjoncteur-disjoncteur automatique* (25 juillet 1912).

446 533. — **Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien et Berland.** — *Support tubulaire et chapeau métallique permettant le passage intérieur isolé et réglementaire de câbles électriques* (25 septembre 1912).

446 599. — **Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien et Brenner.** — *Limiteur thermique d'intensité et de temps* (27 juillet 1912).

446 665. — **Kovacs.** — *Commutateur de coupe-circuit* (30 juillet 1912).

446 698. — **Brunel.** — *Perfectionnements dans les appareils conjoncteurs-disjoncteurs pour installations électriques* (31 juillet 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

73320. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 517. 10 Juillet 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION
—
Alfred SOULIER
9, rue de Fleurus, 9.
Paris.

ABONNEMENTS
—
Paris et Départements : 24 francs par an.
Union Postale : 26 francs par an.

ADMINISTRATION
—
9, rue de Fleurus, 9.
Paris.
TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — L'électricité en Amérique pendant l'année 1912. — Les oscillations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament métallique sur courant alternatif. — Lampe à incandescence ayant une lumière analogue à celle du jour. — Les brevets relatifs à l'électricité en Allemagne. — Cuisine électrique. — Les ruptures de rails sur les chemins de fer américains et le block signal automatique 295

Le calcul des courants alternatifs (*suite*) 299

Observations pratiques sur la protection des installations électriques par la mise a la terre. **A. Gébelin** 304

Sur la résistance d'isolement des induits de moteurs a courant continu. **G. Dupuy** 309

Règles générales pour la construction de grandes stations centrales a vapeur. **M. A.** 312

Académie des sciences. — *Séance du 21 avril 1913* : Nitomètre pour la mesure rapide de la brillance d'une surface lumineuse, par **A. Blondel** 315

Revue de la presse. — *Mesures* : Mesures d'énergie en courants triphasés. 316

Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.

Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.

MM. les Abonnés dont l'abonnement expirait fin juin sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

L'électricité en Amérique pendant l'année 1912. — L'industrie électrique américaine a été très florissante en 1912; la valeur des matières utilisées dans les usines a été de 15 pour 100 supérieure à celle de l'année précédente. Les diverses recettes ont été :

Fabriques de machines et appareils.	1 875	millions de francs.
Chemins de fer.	3 375	—
Stations centrales	2 375	—
Téléphones	1 875	—
Télégraphes.	460	—
Installations isolées	650	—
Divers.	650	—
Total des recettes	11 250	millions de francs.

La valeur des machines et appareils exportés a atteint 125 millions de francs, c'est-à-dire près de 10 pour 100 de la valeur totale des objets fabriqués.

La production du cuivre a été de 560 000 tonnes, et on en a raffiné électrolytiquement 710 000 tonnes; le prix moyen du kg de cuivre raffiné a été de 1,88 franc.

La General Electric C° a porté son capital actions à 562,5 millions de francs et son capital obligations à 187,5 millions; elle emploie 50 000 personnes dans ses usines de Shenectady, Lynn, Pittsfield Hamson, etc.; et possède une mine de cuivre.

La tendance, en Amérique, est de construire les turbines à vapeur à grande vitesse; celles d'une puissance atteignant 6000 kw tournent à une vitesse de 3600 tours par minute, (60 périodes par seconde); celles de 20 000 kw et plus tournent à 1800 t : min.

Pour la fréquence 25, les turbines à vapeur tournant à la vitesse de 1500 t : min. (alternateurs bipolaires) sont encore employées jusqu'à 25 000 kw.

Deux grandes sociétés construisent de grandes machines unipolaires. Le type de 500 kw, 600 v, tourne à une vitesse de 2000 t : min., celui de 2000 kw, 260 v, à 1200 t : min.

La Westinghouse construit des machines à courant continu actionnées par des turbines à vapeur par l'intermédiaire d'engrenages; une turbine à vapeur de 1000 kw tournant à 3600 t : min. actionne une dynamo tournant à 514 t : min.; une autre de 3750 kw tournant à 1800 t : min. actionne une dynamo avec réduction de vitesse de 1 à 10, les roues d'engrenage

ont respectivement 26 et 259 dents et leur vitesse périphérique atteint 25 m : sec.

La charge de la station de la Commonwealth Edison de Chicago a atteint 255000 kw le 2 décembre 1912; la production annuelle de cette centrale est de 800 millions de kw-h. Elle vient de commander à la General Electric C° une turbodynamo de 25000 kw.

En Californie on emploie beaucoup l'huile de pétrole brut pour le chauffage des chaudières.

On continue à installer des usines hydraulico-électriques: la Centrale de Koakuk sur le Mississipi, d'une puissance de 300000 chevaux, a des turbines hydrauliques de 10000 chevaux ayant 10 mm de diamètre et tournant à 57,7 t:min. elle fournira du courant à 220 km sous une tension de 110000 v.

Une nouvelle station hydraulico-électrique, installée à Los Angeles (Californie), dessert avec du courant à la tension de 150000 v des localités situées à 450 km.

La vente par les centrales d'appareils et de machines électriques a pris une telle importance, que plusieurs de celles-ci ont fondé des cours pour le personnel chargé de leur vente. La National Light Association a une section commerciale spéciale pour la vente des appareils, elle publie de nombreux prospectus et édite tous les 3 mois l' « Aide-mémoire du vendeur électricien ».

Les appareils de chauffage se répandent de plus en plus, la General Electric C° a vendu plus de 3600 fers à repasser par semaine. Il y a beaucoup d'appareils de chauffage, alimentés pendant les heures où l'éclairage est peu important, d'une puissance de 300 à 500 kw; la chaleur est accumulée dans des pièces de fer ou de pierre de savon (soapstone) dont la capacité calorifique augmente rapidement avec la température.

La marine américaine a installé un grand nombre de fours de boulanger de 15 kw; la consommation d'énergie correspond à 5,5 kg de pain par kw-h.

L'éclairage par lampes à incandescence à filament métallique de grande puissance lumineuse prend de plus en plus d'importance; on emploie souvent la distribution série avec une intensité constante comprise entre 3,5 à 7,5 A.

Comme l'Angleterre, l'État de New-York a promulgué des lois exigeant un éclairage suffisant dans les fabriques, et ces lois vont être appliquées également aux écoles.

A la suite de nombreuses ruptures de rails fabriqués avec de l'acier ordinaire, on a employé depuis deux ans sur les lignes de chemin de fer américaines des rails en acier électrique; jusqu'en mai 1912 on en avait placé environ 5600 tonnes et on n'a constaté aucune rupture.

On s'efforce, dans la fabrication de l'aluminium, d'avoir la matière première, l'alumine, à bon marché et, par obtention de produits accessoires, tels que des combinaisons de chlore et d'alcali, de diminuer les frais de production; on obtient du sulfate d'ammonium ou de potasse, employés comme engrais.

Les accumulateurs sont utilisés, dans de grandes proportions, pour les électromobiles, les bateaux sous-marins, pour l'éclairage des voitures à essence, ainsi que pour l'éclairage des trains.

Les plaques d'accumulateurs au plomb sont toutes du type Faure; l'accumulateur Edison est peu employé à cause de son prix de revient élevé.

La Denver Gaz and Electric C° a vendu pour plus de 300000 fr d'énergie électrique pour la charge des accumulateurs.

On emploie beaucoup de batteries de 30 ou 60 v pour l'éclairage de villas au moyen de moteurs à essence.

Dans les grandes centrales, on a installé comme réserve (stand-by) de grandes batteries d'accumulateurs qui doivent pouvoir assurer le service complet pendant 20 minutes au moins; il y a en service des batteries pouvant donner un courant d'une intensité de 44000 A et on va en installer pour 60000 A.

Les automobiles électriques sont de plus en plus employées pour le service des villes, des fabriques et pour le transport des bagages des gares. Les voitures lourdes ont particulièrement donné de bons résultats; on emploie aussi beaucoup les voitures de luxe électriques à cause de leur propreté et de leur facilité de conduite. Dernièrement une électromobile à 4 places a accompli le parcours de Détroit à la Nouvelle-Orléans soit plus de 270 km, par ses propres moyens.

Les centrales tachent de favoriser, autant que possible, le développement des électromobiles, notamment par la création de garages.

Les dimensions des prises de courant pour charge ont été fixées par la Electric Vehicle Association, et cette dernière tend à faire adopter un nombre d'éléments fixe pour les batteries. On emploie beaucoup les locomotives à accumulateurs pour assurer le service dans les mines, les fabriques et les tunnels. Les derniers tramways à chevaux de la 3e avenue de New-York seront, à la suite du résultat d'essais très minutieux, remplacés par des voitures à accumulateurs. On a construit pour Cuba des trains de 3 voitures à accumulateurs; on projette d'employer, pour le service de la banlieue de New-York, des trains de cinq voitures avec accumulateurs dans celles de tête et de queue. On emploie assez souvent des batteries Edison dans les voitures de tramways qui doivent pouvoir faire avec une charge un parcours de 250 km.

Les voitures de tramways avec paiement à l'entrée se répandent de plus en plus; on a commandé aux États-Unis et au Canada, l'année dernière, plus de 6000 voitures pour les chemins de fer électriques, dont la longueur des voies a augmenté de 1600 km.

Dans le Sud, les voitures ont deux compartiments, l'un pour les blancs, l'autre pour les nègres.

Il y a plus de 2000 km de lignes à courant continu à haute tension; les tensions normales sont de 1200, 1500 et 2400 v. Outre le chemin de fer de Washington, Baltimore et Annapolis, qui était à courant alternatif à 6000 v et a été transformé en courant continu à 1200 v, le tramway de Pittsburgh and Buttler Street, d'une longueur de 53 km, sera également exploité avec du courant continu à 1200 v au lieu de courant alternatif à 6000 v. On emploie encore le 3e rail pour du courant continu à 1500 v.

Pour la ligne de l'Anaconda and Pacific Railway d'une longueur de 180 km, la General Electric C° a fourni 24 locomotives de trains de marchandises ayant chacune 4 moteurs de 350 chevaux; la tension continue est de 2400 v. 700 km du chemin de fer Chicago, Milwaukee and Paget Sound seront également exploités avec du courant continu à 2400 v.

D'après les études des grandes maisons américaines, quand on alimente les lignes de chemin de fer par le courant de stations centrales, soit de villes, soit interurbaines, dont la tension atteint jusqu'à 150000 v et dont la fréquence est de 25 à 60, en règle générale l'emploi du courant continu à haute tension, au point de vue de l'exploitation, est préférable à celui du courant alternatif simple.

Dans les téléphones, l'emploi des systèmes complètement automatiques n'a pas augmenté autant que les années précédentes; on leur préfère le système mixte ou auto-manuel.

F. L.

Les oscillations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filaments métalliques sur courant alternatif. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 27 février.) — L'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament de charbon alimentées par du courant alternatif est à peu près constante, tandis que celle des lampes à filament métallique oscille; on peut le constater au moyen de cannes, fourchettes, cartes à jouer, etc., que l'on fait mouvoir rapidement et qui, éclairées au moyen d'une telle lampe, semblent se déplacer par saccades.

Ce phénomène, ainsi que d'autres analogues, amena M. le professeur Absalon Larsen, de Copenhague, à mesurer les variations d'intensité lumineuse par une méthode stroboscopique.

Entre la lampe à étudier et un photomètre de Weber, on disposa un disque percé de quatre ouvertures, actionné par un petit moteur synchrone à quatre pôles, de manière à ce que le photomètre ne soit éclairé que momentanément à travers les ouvertures du disque, et cela 4 fois par tour du moteur, c'est-à-dire deux fois par période du courant alternatif.

La courbe de tension de l'alternateur était à peu près sinusoïdale et la fréquence de 50; le disque pouvait se déplacer par rapport à l'arbre d'entraînement et être fixé dans une série de positions, différant entre elles d'un angle donné.

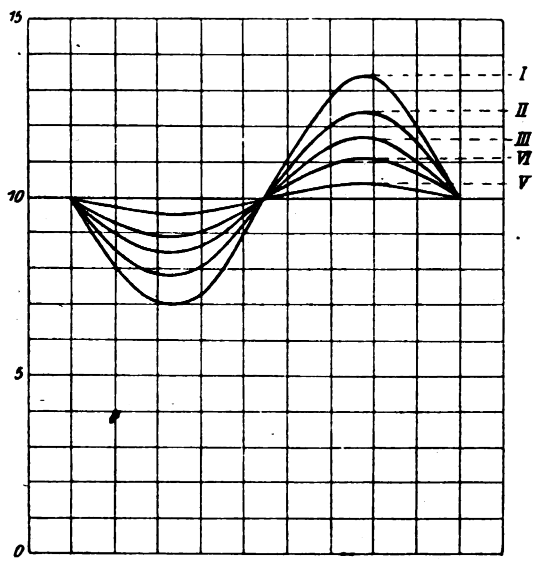
Après une mesure photométrique, le petit moteur synchrone était arrêté, le disque fixé dans la position suivante, le moteur remis en marche, etc., de sorte que l'on obtenait la courbe de variation de l'intensité lumineuse, par points.

On a essayé :

I.	Une lampe Osram de	220 v	10	bougies Hefner.
II.	—	220 v	16	—
III.	—	220 v	25	—
VI.	—	220 v	50	—
V.	Une lampe de. . .	14 v	16	—

Les résultats sont représentés graphiquement par les courbes de la figure ci-dessous.

Les ordonnées donnent les valeurs relatives de l'intensité lumineuse et les abscisses les temps. Naturellement deux périodes de l'oscillation lumineuse correspondent à une



période du courant, de sorte que la plus grande abscisse de la figure correspond à un centième de seconde.

Ainsi que l'on devait le prévoir, la variation est la plus grande pour la lampe de 10 bougies dont l'intensité lumineuse varie de 7 à 13,4 bougies, les variations en plus ou en moins de l'intensité moyenne atteignant ± 33 pour 100. Le diamètre du filament de la lampe de 10 bougies Hefner est d'environ 0,01 mm; au fur et à mesure que le diamètre augmente la variation relative de l'intensité lumineuse diminue. Dans la lampe à basse tension alimentée par un réducteur, dont le filament a un diamètre d'environ 0,08 mm la variation n'est plus que de ± 4 pour 100. On également essayé une lampe ordinaire à filament de carbone (220 v, 10 bougies Hefner) la courbe de la variation lumineuse se confond pratiquement avec celle de lampe à filament métallique de 50 bougies (n° VI).

Les courbes ne sont pas sinusoïdales, les portions situées au-dessus de la ligne moyenne sont plus pointues que celles situées au-dessous.

On peut se demander si ces variations ont de l'importance.

En premier lieu, on pourrait craindre qu'au point de vue physiologique, elles ne soient dangereuses et fatigantes, principalement lors de l'observation d'objets mobiles. M. Larsen ne veut pas se prononcer à ce sujet, il se contente d'appeler l'attention sur le danger possible.

Deuxièmement on peut dans des cas spéciaux, utiliser le phénomène. Par exemple dans le cas de détermination du glissement d'un moteur asynchrone, par la méthode stroboscopique, au moyen d'un disque, avec secteurs noirs et blancs, on peut employer une lampe à incandescence à filament métallique (10 bougies, 220 v) au lieu d'une lampe à arc.

En troisième lieu, on peut s'attendre à ce que pour la même tension efficace, l'intensité lumineuse mesurée au photomètre ne soit pas la même que dans le cas de courant continu.

Pour élucider cette question on a procédé à des mesures de comparaison sur une lampe de 10 bougies. La tension a été mesurée avec un voltmètre électro-dynamique de précision en tenant soigneusement compte de l'influence de champs étrangers, et on faisait alternativement des mesures de courant continu et de courant alternatif.

Si l'on admet que l'intensité lumineuse est égale à l'unité dans le cas de courant continu, on obtient pour une lampe Osram de 10 bougies Hefner, 220 v, à filament étiré, les chiffres suivants pour l'intensité, dans le cas de courant alternatif.

50 périodes	220 v	1,016
50 —	250 v	1,020
50 —	268 v	1,022
30 —	220 v	1,037

L'intensité lumineuse mesurée est donc plus grande avec du courant alternatif qu'avec du courant continu. La variation croît, quand la tension augmente et quand la fréquence diminue; elle est assez grande pour que l'on doive en tenir compte dans les mesures photométriques.

On pourrait également prévoir que la puissance dépensée n'est pas la même dans le cas de courant alternatif que dans le cas de courant continu; il doit en être ainsi, car la variation de température du filament, et par conséquent sa variation de résistance, a pour effet de donner une courbe de courant différente de la courbe de tension. Des mesures comparatives faites avec un voltmètre et un wattmètre de précision ont cependant permis de constater que la consommation en watts est absolument la même dans les deux cas, naturellement dans les limites de la précision des lectures. F. L.

Lampe à incandescence ayant une lumière analogue à celle du jour. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 1er mai.) — Beaucoup d'objets ont le soir à la lumière artificielle une coloration différente de celle qu'ils ont en plein jour; cela est dû à ce que la composition spectrale des sources lumineuses ne sont pas semblables, les rapports des ondes dont la combinaison donne le blanc ne sont pas les mêmes.

Si l'on compare les ondes lumineuses émises par une lampe au wolfram à celles de la lumière du jour, on voit que si les ondes bleu violet (0,42 μ) sont en nombre égal, les ondes bleu vert, vert, jaune vert, jaune, rouge jaune et rouge dominent de plus en plus dans la lampe. Le journal allemand donne une représentation graphique, dans laquelle les abscisses sont proportionnelles aux longueurs d'ondes et les ordonnées, aux rapports des ondes des deux sources lumineuses; la lumière du jour étant représentée par une droite parallèle à l'axe des abscisses, ayant une ordonnée égale à l'unité, celle de la lampe wolfram est représentée par une courbe, ayant un point commun avec la droite pour l'onde 0,42 μ, qui s'élève rapidement. Pour 0,55 μ (jaune vert),

l'ordonnée de la courbe de la lampe est 2,5, et pour 0,66 μ (rouge), elle est à 5.

Si l'on veut avoir une lumière absolument pareille à celle du jour, il faut absorber toutes les ondes de la lampe qui sont en excès; on a essayé de le faire en Amérique, mais cela donne lieu à une grande complication et à une grande dépense d'énergie, la consommation spécifique atteignant 4 watts par bougie.

L'œil a une sensibilité maximum pour les ondes jaune vert (0,55 μ) et celle-ci diminue rapidement pour des longueurs d'ondes plus grandes ou plus petites. Pour du bleu de 0,45 μ et du rouge orange de 0,62 μ, la sensibilité n'est plus que de un tiers, et pour un bleu de 0,45 μ et un rouge de 0,66 μ, elle n'est plus que de un dixième.

On peut sans grand inconvénient négliger les ondes au-dessous de 0,48 μ et au-dessus de 0,62 μ qui ont peu d'action sur l'œil, et n'absorber que les ondes en excès comprises entre ces limites. Les conditions à remplir sont alors beaucoup plus simples et la perte d'énergie bien moindre; la lumière obtenue, il est vrai, n'est pas absolument la même que celle du jour, mais elle est suffisamment analogue pour les besoins de la pratique.

La Société Siemens Schuckert est arrivée à fabriquer dans ces conditions des lampes dont la consommation spécifique n'est que 1,4 w par bougie. Ces lampes auxquelles on a donné le nom de « Vérico » ont une intensité lumineuse de 70 à 75 bougies Hefner et absorbent une puissance de 100 w sous des tensions comprises entre 100 et 150 v et entre 200 et 250 v.

Ces lampes, dont les ampoules ont un diamètre de 120 mm, ont une durée de vie à peu près la même que celle des lampes ordinaires au wotan, et donnent pendant tout le temps une lumière semblable à celle du jour.

Elles peuvent être employées avec avantage toutes les fois que l'on doit assortir des couleurs le soir, par exemple dans les fabriques de papiers peints et de soieries.

Elles peuvent également trouver leur emploi toutes les fois que l'on veut éclairer convenablement une salle où la lumière du jour ne pénètre pas suffisamment; jusqu'ici un tel éclairage mixte produisait un très mauvais effet, tandis qu'avec des lampes Vérico, on ne peut distinguer la limite entre les endroits éclairés par elles et ceux éclairés par le jour naturel.

Le journal allemand ajoute en outre que la lumière des lampes Vérico est très pauvre en ondes courtes (ultraviolet), qui, de l'avis de nombreux hygiénistes, sont très dangereuses pour l'œil. F. L.

Les brevets relatifs à l'électricité en Allemagne. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 1er mai.) — L'Office des brevets (Patent-Amt) allemand vient de publier son rapport sur l'exercice 1912.

Il a été déposé dans le courant de cette année, 5009 brevets concernant l'électricité, c'est un maximum; les deux années pendant lesquelles le plus grand nombre de ces brevets avaient été déposés sont 1909 et 1911, avec respectivement 2846 et 2987 dépôts.

Au commencement de 1912, il restait encore à terminer l'examen de 2896 brevets déposés pendant les années précédentes, dont 25 dataient de 1908, 4 de 1907 et même un de 1905 (déposé depuis 15 ans).

L'examen de ce dernier brevet n'a même pas pas pu être terminé en 1912.

Comme l'examen de 5068 brevets a été achevé en 1912, il en restait 2927 à examiner la fin de cette année.

1155 des brevets examinés ont été acceptés provisoirement, mentionnés dans le journal officiel et leurs textes mis à la disposition du public dans les bureaux du Patentamt, afin que chacun puisse faire des objections à la délivrance d'un brevet définitif.

Il a été déposé 704 objections contre 457 des brevets publiés et 111 de ces protestations ont été reconnues valables, après un premier examen; finalement il a été délivré en 1912 1006 brevets concernant l'électricité.

Le nombre total des brevets relatifs à l'électrotechnique, délivrés en Allemagne, est de 15955, dont 4041 sont encore en vigueur, 26 seulement sont dans leur 15e année d'exploitation. F. L.

Cuisine électrique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 19 juin.) — Comme le Journal d'Électricité allemand avait annoncé que la cuisson électrique faisait de grands progrès à Londres, un Journal de l'Industrie du Gaz s'est fait envoyer, par un correspondant de Londres, un article dans lequel celui-ci disait que « les soi disant cuisines électriques consomment beaucoup de gaz, car l'on n'emploie l'électricité que lorsque les mets sont complètement cuits au gaz. »

Le Journal d'Électricité a demandé des renseignements à Londres et il a reçu la réponse suivante.

Les cuisines mentionnées dans le « Journal pour l'éclairage au gaz » semblent être celles qui ont été installées par la maison Debenham and Freebody pour ses employés. Cette cuisine est branchée sur la canalisation principale de la Marylebone Corporation et est installée de manière à pouvoir servir 400 déjeuners chauds et 450 portions de thé; elle est depuis plus d'un an en service. La maison Debenham et Freebody n'a jamais employé d'appareils de cuisson à gaz.

Outre la cuisine citée, il y a encore à Londres 3 restaurants populaires où la cuisson se fait à l'électricité.

Dans l'exposition de Shakespeare qui a été installée l'année dernière à Earl's Court, la « Home Delicacies Association » avait un restaurant avec cuisine électrique, qui comportait 400 places assises et qui servait des déjeuners, des dîners et des thés.

Pendant les six premières semaines on a fait la cuisine avec le gaz dans ce restaurant parce que l'installation électrique n'était pas terminée. Quand celle-ci a été achevée, les appareils à gaz ont été enlevés et jusqu'à la fin de l'exposition on n'a employé que la cuisson électrique.

Dans le restaurant « Tricity », l'un des trois cités plus haut, on a installé pendant les trois premiers mois des brûleurs à gaz, mais dès que l'installation électrique a été complètement terminée, on les a enlevés.

Dans les quatre cités, depuis six mois et plus, on n'a fait aucune cuisine au gaz; le correspondant du Journal d'Électricité ne connaît aucun restaurant à Londres, dans lequel le gaz soit employé conjointement avec l'électricité; cela peut se produire dans des maisons privées.

L'assertion du Journal du Gaz, que la cuisson électrique ne fait aucun progrès à Londres, peut être combattue par le fait que plus d'une des Sociétés distribuant l'énergie électrique a commandé à la fois 50 installations pour cuisine devant être installées sur ses canalisations.

Il y a actuellement en Angleterre 15 stations centrales qui vendent, sous certaines conditions, l'énergie électrique 5 centimes le kw-h pour la cuisson et le chauffage. F. L.

Les ruptures de rails sur les chemins de fer américains et le block signal automatique. — Il s'est produit en Amérique de fréquentes ruptures de rails, soit que celles-ci soient complètes, soit qu'elles n'intéressent qu'une partie du rail.

Sur la ligne New-York Central, on a constaté 229 ruptures complètes et 240 ruptures partielles.

169 des 229 ruptures complètes ont été découvertes par le fait que, le courant étant interrompu, les blocks automatiques ne fonctionnaient plus. Dans 28 cas de rupture complète, le courant de block circulant dans le rail n'a pas été interrompu. F. L.

LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(SUITE) [1]

Calcul des alternateurs. — *Courbes des forces électromotrices.* — On doit, avant tout, se préoccuper de réaliser dans les alternateurs des forces électromotrices représentables par des sinusoïdes aussi pures que possible, et non pas chercher à obtenir une force électromotrice aussi grande que possible avec un flux donné.

C'est surtout dans les transports d'énergie que cette condition est importante à remplir. D'abord, dans le couplage, en parallèle, de deux alternateurs de construction différente, les harmoniques peuvent donner lieu à des courants de circulation très importants, qu'il est impossible de supprimer autrement que par une modification profonde dans les machines. Si l'on couple, par exemple, deux alternateurs ayant, l'un, une force électromotrice sinusoïdale, l'autre une force électromotrice constituée par la superposition de la sinusoïde fondamentale et d'une harmonique troisième importante, l'harmonique troisième du second alternateur est court-circuitée par le premier et, par conséquent, donne lieu à un courant de circulation très important qu'aucun réglage de l'excitation ne peut détruire.

D'autre part, les moteurs asynchrones branchés sur les alternateurs donnent lieu à un phénomène analogue de court-circuitage des harmoniques. Supposons que le terme principal soit de fréquence 50, et qu'une harmonique de fréquence 100 existe dans la force électromotrice de l'alternateur; un moteur asynchrone tournant à la vitesse 49 aura un glissement 1 pour le terme principal et un glissement 51 pour l'harmonique. La force électromotrice induite dans le rotor par l'harmonique sera considérable, donnera lieu à un courant considérable dans le rotor et dans le stator par réaction. Au point de vue spécial de l'harmonique, le système se trouve, le moteur étant en vitesse, comme il serait pour le terme fondamental au démarrage sans résistance dans le rotor.

Ces deux exemples justifient donc suffisamment cette préoccupation principale de réaliser de bonnes sinusoïdes.

On pourrait objecter que, lorsqu'il s'agit de faire de la lumière uniquement ou plus généralement de la thermo-

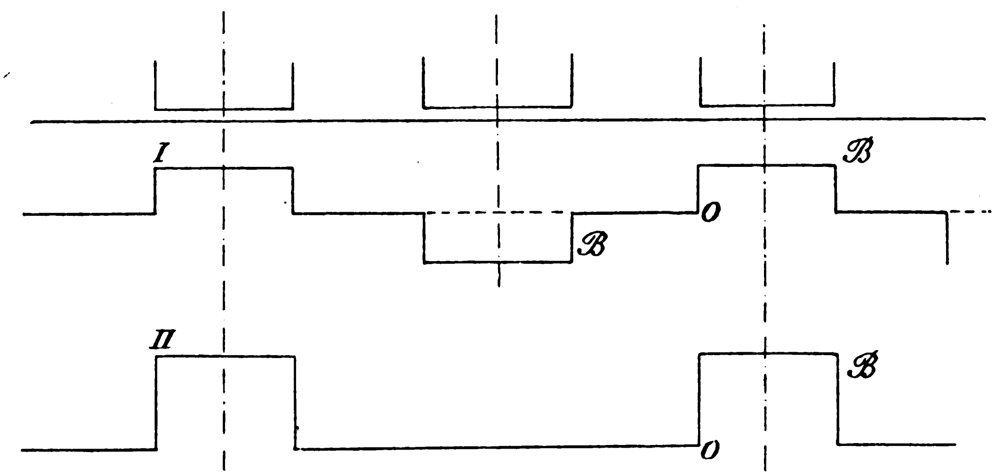


Fig. 93.

électricité, cela n'a pas d'importance. Mais en premier lieu, la remarque faite sur les couplages subsiste; ensuite, qu'il s'agisse de transport d'énergie ou d'éclairage, les harmoniques peuvent avoir un rôle très nuisible, lorsque, par suite de capacités dans le réseau, câbles concentriques ou autres, elles arrivent à entrer en résonance; enfin, il ne faut pas se le dissimuler, la tendance générale des réactions dans un alternateur en charge, est la destruction de tous les termes composant la force électromotrice; de tous ces termes, le terme fondamental seul est déterminé par l'excitation, et les autres sont beaucoup plus facilement détruits par la réaction des courants débités. Finalement il vaut mieux, à tous les points de vue, avoir le moins d'harmoniques possible dans la force électromotrice.

Les harmoniques de la force électromotrice peuvent avoir deux origines différentes : elles peuvent provenir soit d'un mauvais choix dans la forme, le pas des pôles et du bobinage; soit de la denture de l'induit qui provoque une variation périodique de réluctance du circuit magnétique.

Les harmoniques ayant leur origine dans la forme des pôles et du bobinage sont plus généralement de fréquence basse d'ordre 2, 3, 4 ou 5 tout au plus.

[1] Conférences de M. Boucherot. Voy. *L'Industrie électrique*, nº 501 du 10 nov. 1912, p. 485; nº 502 du 25 nov., p. 514; nº 504 du 25 déc., p. 555; nº 505 du 10 janvier 1913, p. 9; nº 506 du 25 janvier 1913, p. 28; nº 508 du 25 février 1913, p. 85, nº 510 du 25 mars 1913, p. 128; nº 511 du 10 avril 1913, p. 151; du nº 513 10 mai 1913, p. 240 et nº 514 du 25 mai 1913, p. 251.

L'écartement, la forme des pôles, la disposition des bobines induites, ont une très grande importance à cet égard. Des épanouissements polaires très rapprochés ou trop écartés, eu égard à leurs dimensions propres, donnent des sinusoïdes soit très pointues, soit très aplaties, et pouvant, de plus, avoir des formes singulières et mauvaises. Il en est de même pour des bobines induites ayant un pas trop petit ou trop grand.

Les meilleures conditions à remplir pour avoir de bonnes sinusoïdes sont les suivantes;

1° Les conducteurs formant une bobine doivent être placés exactement à une demi-période de distance;

2° Le rapport de l'intervalle entre deux épanouissements à cet épanouissement doit être :

a. 0,5 pour un alternateur hétéropolaire.

b. 2 pour un alternateur homopolaire.

Nous allons examiner ce que serait dans ces conditions la série de Fourier représentative de la force électromotrice, en supposant, en outre, qu'il n'y ait pas de franges sur le bord des épanouissements, et allons constater ainsi que les premières harmoniques 2, 3 et 4 sont supprimées.

Les formes des flux le long de l'induit seront celles de la fig. 93 (I. Alternateur hétéropolaire; II. Alternateur homopolaire).

I. En prenant une origine convenable, la série de Fourier représentative peut se réduire à une somme de cosinus. Si A_n est l'amplitude du n^e terme, en remarquant que le chemin parcouru le long de l'induit est ωt à une constante près, le produit de la série par cos $n\omega t$ donne pour intégrale pendant une période

$$\int_0^T F \cos n\omega t \, dt = \int_0^T A_n \cos^2 n\omega t \, dt = A_n \frac{T}{2}.$$

Cette intégrale faite par fractions donne également, $\mathcal{B}$ étant l'induction maxima :

$$\frac{T}{2n\pi}\left(\sin\frac{n\pi}{3} + \sin\frac{2n\pi}{3} - \sin\frac{4n\pi}{3} - \sin\frac{5n\pi}{3}\right)\mathcal{B}$$

d'où

$$A_n = \frac{\mathcal{B}}{n\pi}\left(\sin\frac{n\pi}{3} + \sin\frac{2n\pi}{3} - \sin\frac{4n\pi}{3} - \sin\frac{5n\pi}{3}\right)$$

II. La même opération faite sur II conduit à

$$A_n = \frac{\mathcal{B}}{n\pi}\left(\sin\frac{n\pi}{3} - \sin\frac{5n\pi}{3}\right).$$

En développant jusqu'au 15e terme, il vient alors pour les inductions dans les deux cas :

Pour I :

$$1{,}11\left(\mathcal{B}.\cos\omega t - \frac{1}{5}\mathcal{B}.\cos 5\,\omega t + \frac{1}{7}\mathcal{B}.\cos 7\,\omega t \longrightarrow\right.$$
$$\left.\longrightarrow -\frac{1}{11}\mathcal{B}\cos 11\,\omega t + \frac{1}{13}\mathcal{B}\cos 13\,\omega t\right).$$

Pour II :

$$0{,}555\left(\mathcal{B}.\cos\omega t + \frac{1}{2}\mathcal{B}.\cos 2\,\omega t - \frac{1}{4}\mathcal{B}.\cos 4\,\omega t \longrightarrow\right.$$
$$\longrightarrow -\frac{1}{5}\mathcal{B}.\cos 5\,\omega t + \frac{1}{7}\mathcal{B}.\cos 7\,\omega t + \frac{1}{8}\mathcal{B}.\cos 8\,\omega t \longrightarrow$$
$$\longrightarrow -\frac{1}{10}\mathcal{B}.\cos 10\,\omega t - \frac{1}{11}\mathcal{B}\cos 11\,\omega t \longrightarrow$$
$$\left.\longrightarrow + \frac{1}{13}\mathcal{B}.\cos 13\,\omega t + \frac{1}{14}\mathcal{B}.\cos 14\,\omega t\right).$$

Comme l'on voit, dans le cas de la machine homopolaire, la force électromotrice dans un conducteur comporte des termes pairs de la série de Fourier.

Si l'on a soin de choisir les conducteurs d'un même enroulement à 1/2 période de distance (fig. 94 *A*), la force électromotrice produite ne contiendra plus de termes pairs, ceux d'un conducteur étant annulés par ceux de

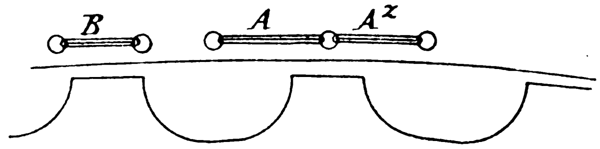


Fig. 94.

l'autre; mais si cette précaution n'est pas prise, et bien des machines existantes sont dans ce cas (fig. 94 *B*), la force électromotrice induite contient des harmoniques paires.

Les conducteurs formant une série d'un même enroulement étant supposés à 180° exactement, les forces électromotrices induites par spire deviennent dans les deux cas :

$$\text{I.}\quad 2{,}22\,\mathcal{B}lv\left(\cos\omega t - \frac{1}{5}\cos 5\,\omega t + \frac{1}{7}\cos 7\,\omega t \longrightarrow\right.$$
$$\left.\longrightarrow -\frac{1}{11}\cos 11\,\omega t + \frac{1}{13}\cos 13\,\omega t\right).$$

$$\text{II.}\quad 1{,}11\,\mathcal{B}lv\left(\cos\omega t - \frac{1}{5}\cos 5\,\omega t + \frac{1}{7}\cos 7\,\omega t \longrightarrow\right.$$
$$\left.\longrightarrow -\frac{1}{11}\cos 11\,\omega t + \frac{1}{13}\cos 13\,\omega t\right).$$

Elles sont, par conséquent, simplement doubles l'une de l'autre, ceci parce que nous avons supposé que, dans

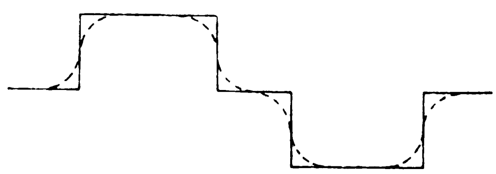


Fig. 95.

la machine homopolaire, l'induction variait de 0 à $\mathcal{B}$; pratiquement elle varie un peu moins, et la force électromotrice est moindre que la moitié de ce qu'elle est pour la machine hétéropolaire.

La formule de la force électromotrice II contient encore, comme on le voit, des harmoniques 5, 7, sinon impor-

tantes, du moins pas négligeables; mais pratiquement elles sont moins importantes que dans la formule, pour cette raison que (fig. 95) les fuites magnétiques qui se produisent autour des épanouissements polaires, ont pour effet d'arrondir les angles des courbes.

L'harmonique 3 étant supprimée, la plus grande partie de la besogne d'épuration est faite.

Il n'en serait pas de même si l'on adoptait, par exemple, l'intervalle entre deux épanouissements égal à l'épanouissement, ainsi que le font certains constructeurs allemands.

La force électromotrice par spire serait alors :

$$1,8\, \mathcal{B} l v \Big(\cos \omega t + \frac{1}{3} \cos 3\, \omega t - \frac{1}{5} \cos 5\, \omega t \rightarrow$$

$$\rightarrow - \frac{1}{7} \cos 7\, \omega t + \frac{1}{9} \cos 9\, \omega t + \frac{1}{11} \cos 11\, \omega t \rightarrow$$

$$\rightarrow - \frac{1}{13} \cos 13\, \omega t - \frac{1}{15} \cos 15\, \omega t + \ldots\ldots \Big)$$

Sa valeur efficace est plus grande :

$$2\, \mathcal{B} l v .\ 0,9 \sqrt{1 + \frac{1}{9} + \frac{1}{25} + \frac{1}{49} + \ldots .} = 2\, \mathcal{B} l v\ 0,985$$

pour un flux égal à 1/4 $\mathcal{B}$, à une constante près.

Avec la règle que nous adoptons, c'est seulement

$$2\, \mathcal{B} l v .\ 1,11 \sqrt{1 + \frac{1}{25} + \frac{1}{49} + \frac{1}{121} \ldots} = 2\, \mathcal{B} l v\ 1,15$$

pour un flux 1/3 $\mathcal{B}$.

Avec l'épanouissement moitié du pas, la force électromotrice efficace est donc plus grande de 14 à 15 pour 100 pour un même flux. Mais l'harmonique 3, ayant 1/3 de l'amplitude du terme fondamental, peut être très nuisible.

Il convient toutefois de remarquer qu'en triphasé — mais seulement en triphasé — les harmoniques 3, 9, 15... disparaissent du fait du couplage des phases en étoile ou en triangle. En étoile, ces forces électromotrices se retranchent; en triangle, elles sont court-circuitées et détruites par ce fait; mais alors il est préférable de ne pas les produire.

L'harmonique 3, ayant 1/3 de l'amplitude du terme fondamental, peut être très nuisible.

Les harmoniques dues à la denture de l'induit sont presque toujours d'un ordre assez élevé. Si n est le nombre de dents par *paire de pôles*, on a en réalité une harmonique de rang n, mais d'amplitude variable pendant la période, en sorte qu'à l'analyse on trouve deux harmoniques d'amplitude constante, l'une de rang $(n - 1)$, l'autre de rang $(n + 1)$ en vertu de l'égalité :

$$\sin \omega t \sin n\, \omega t = \frac{1}{2} \cos (n - 1)\, \omega t - \frac{1}{2} \cos (n + 1)\, \omega t.$$

Ces harmoniques ont encore deux causes différentes : la variation de réluctance de l'entrefer et la variation de réluctance de la denture proprement dite. Avec une denture épanouie, la première cause est presque éliminée.

Pour supprimer la deuxième, on a employé quelques expédients : arrondissement des cornes polaires de manière que la longueur de l'entrefer croisse beaucoup en s'écartant du centre du pôle; taille en biais des bords des épanouissements, en suivant certaines formes spéciales ou obliquité des encoches d'induit, etc.....

Ces expédients réussissent à peu près avec une denture peu saturée. Avec une denture fort saturée, il est à peu près impossible de supprimer complètement les harmoniques; mais il est probable que le danger d'amplification par résonance est aussi beaucoup moins grand.

En nous en tenant au premier terme de la série, cherchons quelle est la force électromotrice efficace induite dans des conditions déterminées. Supposons un épanouissement de 10 cm d'arc polaire, occupant les 2/3 du pas. Supposons que cet épanouissement ait, parallèlement à l'axe de rotation, 10 cm, et soit 10000 gauss l'induction sous l'épanouissement. Dans les formules ci-dessus nous aurons :

$$V = 1500 \text{ et } l = 10.$$

La force électromotrice instantanée pour une spire, sera :

$$2 . 10000 . 10 . 1500 . 1,11 . \overline{10}^{8} = 3,33 \cos \omega t \text{ volts.}$$

soit pour la force électromotrice : 2,35 v.

Ce chiffre est plus fort que celui sur lequel nous avons recommandé de tabler dans les généralités (2,2 v); mais

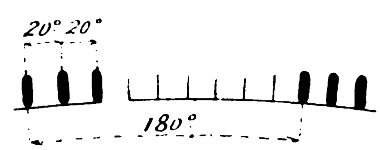


Fig. 96.

il s'y ramène si l'on tient compte de ce que les spires d'un même enroulement diphasé sont légèrement décalées les unes sur les autres (fig. 96).

Dans un enroulement triphasé, ne comportant qu'un trou par pôle et par phase, la force électromotrice induite serait celle trouvée de 2,35 v; mais ce genre d'enroulement n'est pas recommandable : par suite de la variation relativement brusque d'établissement du flux dans une dent, il donne lieu à des dentelures et crochets sur la courbe de la force électromotrice, ainsi qu'il résulte des relevés faits à l'oscillographe sur un certain nombre de machines.

Avec plusieurs trous par pôle et par phase on doit, pour tenir compte des décalages des spires les unes sur les autres, faire la somme géométrique des tensions, ce qui conduit à multiplier le chiffre de la tension réelle par spire par les coefficients suivants :

Triphasé :		*Diphasé :*	
2 trous par pôle et phase . .	0,965	2 trous par pôle et phase . .	0,925
3 — . .	0,965	3 — . .	0,91
4 — . .	0,96	5 — . .	0,907

De ce fait, le chiffre de 2,35 se trouve réduit à 2,25

environ, dans le cas du triphasé, et à 2,14 environ, dans le cas du diphasé, chiffres s'éloignant peu de la valeur 2,2 correspondant à la tension induite pour une variation de flux sinusoïdale, et que nous continuerons à admettre pour simplifier.

Notons bien, encore une fois, qu'admettre une valeur plus forte de la force électromotrice par spire en s'appuyant sur les tables données par certains auteurs, ne peut qu'être une illusion. Si, par suite de certaines dispositions mauvaises, on peut, en apparence, obtenir plus de 2,2 v par spire, le supplément ne correspond qu'à des termes harmoniques qui sont détruits par la réaction lorsque la machine est en charge. La chute de tension dans l'alternateur ainsi réalisé sera plus grande que celle correspondant au calcul, et telle que la force électromotrice par spire tendra en charge vers 2,2 v.

Pour fixer les idées à ce sujet, supposons que dans un induit ayant 9 dents par pôle, nous enroulions une spire sur une seule dent; la force électromotrice produite dans cette spire, exprimée en série de Fourier, contient 3 termes de rang 1, 5, 7 sensiblement de même importance; 2 termes de rang 11, 13, environ moitié des premiers, etc... La force électromotrice efficace *à vide* ($E = \sqrt{\Sigma E^2_n}$) est environ *double* de ce qu'elle serait pour le premier terme seul : cela semble très avantageux; mais, outre que la forme obtenue est déplorable, si la spire débite, la force électromotrice se trouve ramenée rapidement aux valeurs normales, l'illusion cesse.

Réaction d'induit. — De même que dans les transformateurs, on peut adopter dans les alternateurs un rapport plus ou moins grand entre le poids de cuivre et le poids de fer. Mais alors que, dans un transformateur, l'augmentation de cuivre ne produit qu'une chute de tension faible, puisque le flux est maintenu presque automatiquement constant, dans un alternateur, la chute de tension est très importante, et croît rapidement avec le poids de cuivre.

Aussi la quantité de cuivre, c'est-à-dire la réaction d'induit à adopter, est-elle différente suivant les applications.

Dans les installations d'éclairage, les variations de la charge devant peu influer sur la tension aux bornes, les alternateurs doivent avoir une réaction d'induit assez faible; ceci est d'ailleurs assez aisé à obtenir, les lampes n'absorbant que très peu de courant réactif, c'est-à-dire les cos φ des courants débités étant très voisins de 1.

Dans les installations de transport d'énergie, il faut encore que la réaction ou la chute de tension soit faible, de manière que les moteurs dont la puissance maxima est proportionnelle au carré de la tension, ne soient pas gênés dans leur fonctionnement. Elle doit être encore plus faible lorsque l'on alimente simultanément des lampes et des moteurs, afin que les variations de charge et de démarrages de ceux-ci n'influent pas sensiblement sur l'éclairage.

Pour ce genre d'application, on est donc conduit à réaliser des machines dont la tension ne baisse que de 10 pour 100 entre la marche à vide et la marche en charge, cette charge étant en grande partie réactive. Ces machines sont coûteuses et lourdes.

Afin d'obtenir des machines dont la tension varie très peu sans que les dimensions soient exagérées, on est conduit raisonnablement à compounder ces alternateurs, c'est-à-dire à faire en sorte que l'excitation varie automatiquement avec la charge.

Dans les applications de l'Électrochimie, il y a avantage, au contraire, à adopter une grande réaction d'induit, des courts-circuits se produisant très fréquemment dans les fours. Si le courant de court-circuit n'est, par exemple, que de 1,5 fois le courant normal, l'effet Joule par court-circuit est un peu plus que doublé, l'augmentation de chaleur résultante est compensée par une diminution des pertes par hystérésis; il n'en serait pas de même si le courant devenait cinq fois plus grand, par exemple, l'effet Joule devenant vingt-cinq fois plus grand.

Lorsque l'on fait débiter un alternateur, deux faits se produisent simultanément : 1° Les courants passant dans les enroulements induits développent autour d'eux des flux parasites, lesquels induisent des forces contre-électromotrices; 2° les ampères-tours de l'induit s'opposent d'une façon plus ou moins complexe aux ampères-tours inducteurs en réduisant la force électromotrice initiale.

Laissons pour quelque temps de côté les fuites d'induit pour nous occuper d'abord des contre-ampères-tours démagnétisants.

Ainsi qu'on le sait, par la composition des vecteurs alternatifs, si n est le nombre de spires par pôle et par phase dans un alternateur, et I le courant efficace passant dans ces spires, les ampères-tours résultants, constants en grandeur, sont :

$$A_2 = nI\sqrt{2} \quad \text{pour un alternateur diphasé.}$$

C'est-à-dire que les choses se passent comme si l'on avait $nI\sqrt{2}$ ampères-tours produits par du courant continu tournant synchroniquement avec les pôles inducteurs,

Ces ampères-tours résultants sont :

$$A_3 = 1{,}5\, nI\sqrt{2} \quad \text{pour un alternateur triphasé.}$$

De même que pour la valeur de la force électromotrice par spire, on peut imaginer des dispositions complexes avec lesquelles la réaction ait des valeurs différentes de celles résultant de ces formules, mais il y a encore là une illusion : pour une machine dont les enroulements induits sont convenablement disposés eu égard à l'obtention de la force électro-motrice et d'une forme raisonnable pour celle-ci, la réaction a bien les valeurs ci-dessus. On ne peut être conduit à des valeurs différentes que par de mauvaises dispositions donnant des harmoniques dans le réaction vectorielle, comme elles en donnent dans la tension.

Dans le cas des alternateurs simples la réaction alternative peut être considérée, comme on le sait, comme la

superposition de deux réactions vectorielles, l'une de direction constante, par rapport aux inducteurs et de la valeur $nI\frac{\sqrt{2}}{2}$, l'autre tournant, par rapport aux inducteurs, avec une vitesse double de la pulsation, qui n'a pas d'effet magnétisant, mais qui développe dans les systèmes inducteur et induit des courants de Foucault importants, à cause desquels on ne peut pas tirer d'une carcasse déterminée autant de puissance qu'en produisant des courants polyphasés.

C'est cette réaction de fréquence double qui produit les ronflements des alternateurs monophasés : l'explication de ces ronflements par la variation, deux fois par période, de la puissance instantanée, a d'ailleurs la même origine. Cette réaction peut encore avoir pour effet, dans certains cas, d'induire dans les inducteurs un courant de fréquence double de celle de l'induit, et d'importance assez grande, lequel réinduit dans l'induit un courant de fréquence triple, donnant lieu à la déformation du courant principal.

La forme algébrique en série de Fourier de la force électromotrice dans l'induit, et de l'intensité dans l'inducteur se trouvent dans un article de la *Lumière électrique* du 25 mars 1893.

Nous avons dit précédemment que, toutes choses égales,

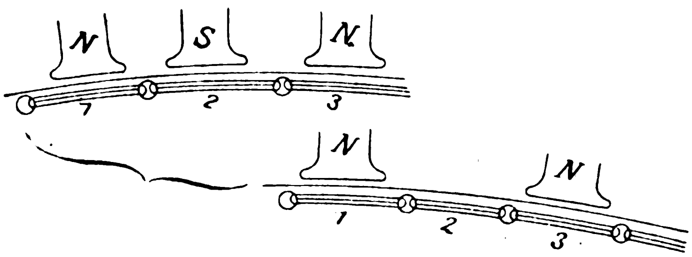


Fig. 97.

la réaction dans un alternateur homopolaire est moitié de ce qu'elle est dans un alternateur hétéropolaire.

En effet, soit (fig. 97) deux induits, l'un hétéropolaire, l'autre homopolaire, ayant le même nombre de bobines et le même nombre de spires par bobine ; en ne considérant que les bobines d'une phase et en supposant le courant débité complètement déwatté, les positions respectives des bobines et des pôles, au moment où le courant est maximum, sont celles représentées dans la figure. Alors que les bobines 1, 2, 3, 4..... sont toutes démagnétisantes pour les pôles de l'alternateur hétéropolaire, les bobines 1 et 3... seules le sont pour l'homopolaire. En résumé, dans ce dernier cas, la moitié seulement des bobines est activement démagnétisante.

Composition des ampères-tours inducteurs et de réaction. — Supposons que le flux de fuite dans l'induit soit nul et cherchons comment se composent les ampères-tours inducteurs et ceux de réaction. Soit A_1 les premiers, A_2 les seconds et x le nombre d'ampères-tours correspondant à la magnétisation du circuit magnétique.

S'il s'agit d'une machine hétéropolaire, et si A_1 et A_2 sont les ampères-tours pour un pôle (A_2 étant calculé comme il a été dit précédemment), x correspondra à l'établissement du flux sur la moitié d'une ligne de force complète (fig. 98).

Si le courant débité est entièrement en phase, x et A_2

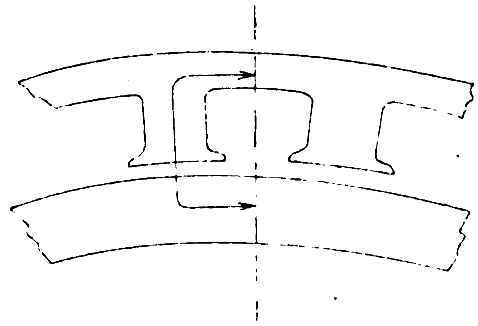


Fig. 98.

sont en quadrature ; x, A_1 et A_2 forment les trois côtés d'un triangle rectangle.

Si le courant débité est entièrement déwatté, x et A_2 sont en phase et leur somme arithmétique est égale à A_1.

Plus généralement, si le décalage du courant débité est φ, x, A_1 et A_2 forment les trois côtés d'un triangle (fig. 99) dans lequel A_2 fait un angle φ avec la normale à x et l'on a :

$$(x + A_2 \sin\varphi)^2 + (A_2 \cos\varphi)^2 = A_1^2$$

Mais à cause des fuites de l'induit et de l'inducteur, les choses sont en réalité plus compliquées.

Laissons de côté ces dernières pour un instant et supposons d'abord qu'aucune partie du circuit magnétique ne soit saturée, mieux encore, admettons que toutes les parties du circuit magnétique soient loin de la saturation. Nous allons voir qu'ainsi il suffit de conserver le triangle de la figure 99 en y donnant à A_2 une valeur plus grande, et d'autant plus grande que les fuites d'induit sont elles-mêmes plus grandes.

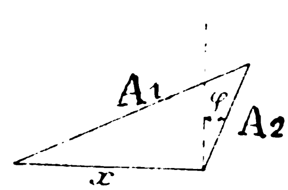


Fig. 99.

Soient (en négligeant la chute ohmique) :

$\mathfrak{F}_2$, le flux utile dans l'induit développant la différence de potentiel aux bornes ;

D_2, le flux de fuite dans l'induit lorsque la réaction A_2 est égale à un ampère-tour ;

$\mathfrak{F}_e$, le flux à la sortie de l'épanouissement polaire ;

A_e, les ampères-tours absorbés par le circuit magnétique pour un flux 1 ;

$\mathfrak{F}_2$, A_2, D_2 et $\mathfrak{F}_e$ donnent le triangle ODM (fig. 100).

En effet, le flux de fuite d'induit $A_2 D_2$ a pour effet d'induire dans cet induit une force contre-électromotrice qui, pour être détruite, exige la présence dans cet induit d'un flux $A_2 D_2$, en opposition avec A_2, et qui doit émaner

de l'inducteur. Alors que le flux résultant dans l'induit est $\mathfrak{F}_2$ composé avec $(A_2 D_2 - A_2 D_2)$ c'est-à-dire $\mathfrak{F}_2$, le flux émanant de l'inducteur $\mathfrak{F}_e$ est celui résultant de la composition de $\mathfrak{F}_2$ et de $- A_2 D_2$. Pour établir $\mathfrak{F}_e$ il faut un nombre d'ampères-tours $\overline{OA}$ égal à $A_e \mathfrak{F}_e$. De A, portons AB parallèle à $A_2 D_2$ et égal à A_2. Le nombre d'ampères-

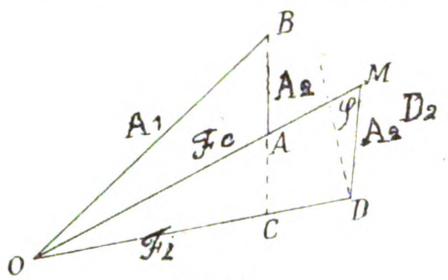


Fig. 100.

tours totaux A_1 sera OB. En prolongeant BA jusqu'à sa rencontre avec $\mathfrak{F}_2$, en C, OC correspond à x ; BC est la nouvelle valeur αR à adopter pour la réaction d'induit, et de la figure on déduit facilement : $BC = A_2 + A_2 D_2 \frac{x}{\mathfrak{F}_2}$;

$$\alpha = 1 + \frac{x}{\mathfrak{F}_2} D_2 = 1 + A_e D_2.$$

On peut donc, lorsque le flux $\mathfrak{F}_e$ ne donne pas encore lieu à saturation magnétique, employer le simple triangle en remplaçant A_2 par αA_2.

Si l'on connaît D_2, α s'en déduit aisément, mais D_2 est assez difficile à calculer.

Lorsque l'on a fait un essai en court-circuit, α en résulte immédiatement, puisque c'est, dans ce cas, le



Fig. 101.

rapport entre les ampères-tours inducteurs et les ampères-tours induits.

Lorsqu'il y a saturation, il faut alors faire chaque fois le diagramme de la figure 100 dû à M. Potier.

Dans ce diagramme, nous avons laissé de côté la résistance intérieure de l'induit, ainsi que l'influence des courants de Foucault qui est équivalente à une augmentation de cette résistance intérieure. Aussi referons-nous ce diagramme plus complètement lorsque nous passerons à un exemple d'application.

Mais c'est ici le moment de remarquer que, à cause de la discontinuité de l'inducteur, qui est à pôles saillants et non de révolution, il faut prendre pour ampères-tours résultants en charge non pas OB mais la projection OB sur OA.

Les ampères-tours inducteurs ne peuvent pas, en effet, être dirigés autrement que selon OA, il suffit donc d'ajouter à OA la projection de AB sur OA.

Un fait d'expérience semble bien corroborer cette manière de voir : avec certains alternateurs non saturés, si l'on maintient l'excitation constante et que l'on débite sur résistance non inductive, on constate, pour certaines valeurs de la résistance, un courant plus grand que le courant de court-circuit (fig. 101). Ce fait est en désaccord avec la théorie si on prend OB, au lieu de sa projection sur OA, pour l'excitation en charge.

(*A suivre.*)

OBSERVATIONS PRATIQUES

SUR LA

PROTECTION DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

PAR LA MISE A LA TERRE

Toutes les machines peuvent être dangereuses lorsqu'elles sont mal construites ou mal surveillées, mais le danger est plus grand pour les machines ou appareils électriques que pour d'autres, par suite de l'impossibilité rencontrée par les sens à le déceler. Si l'on a soin, cependant, de rendre le matériel inaccessible à tous contacts autres que ceux voulus par le personnel électrique, et si l'on observe avec soin quelques règles simples d'installation rationnelle, il est très facile d'obtenir dans une installation à 500, 5000 ou 50 000 volts la même sécurité que celle d'une installation à 50 ou 100 volts [1].

Le petit appareillage des installations dont la tension est inférieure à 500 volts est exécuté d'ordinaire avec des supports et des couvercles en matière isolante, ébonite, porcelaine ou autre. Par contre, l'appareillage qui doit résister à des chocs mécaniques ou à l'attaque d'agents chimiques est établi avec des carcasses et des enveloppes métalliques. L'installateur ne doit jamais oublier qu'un défaut d'isolement peut provoquer la mise sous tension de ces parties métalliques, dont le contact peut alors devenir mortel, par suite de la fermeture directe du courant d'un des pôles à la terre à travers l'enveloppe et le corps humain. Dans certains cas, il peut se produire également des courants de charge occasionnant les mêmes effets. Le degré du danger dépend de la tension appliquée, de l'état des objets environnants et de la disposition phy-

(1) *Zeitschrift für Dampfkessel und Maschinenbetrieb.*

sique de l'individu à l'instant du contact. En général, le danger est moindre dans les installations à basse tension que dans celles à haute tension, et moindre pour le courant continu que pour le courant alternatif. On peut citer cependant d'assez nombreux cas d'électrocution à basse tension, mais ils sont dus toujours à l'humidité ou à des circonstances particulièrement défavorables.

Le danger que peuvent occasionner les carcasses ou enveloppes métalliques de machines ou appareils électriques peut être combattu efficacement par leur mise à la terre. Celle-ci doit être courte et établir le court-circuit franc entre l'appareil et une pièce métallique de grandes dimensions enfoncée dans le sol, et plongeant si possible, dans l'eau. La résistance de la connexion doit être très faible de façon qu'un homme mis en dérivation entre la pièce et la terre ne soit pas le siège d'une chute de tension dangereuse. Une intensité du courant de 2 centièmes d'ampère à travers le corps humain peut suffire à provoquer des lésions mortelles. On doit observer rigoureusement la règle de connecter la prise de terre avant les câbles d'amenée du courant pour une machine à mettre en service, et de déconnecter la prise de terre en dernier lieu pour la mise hors service d'une machine. Cette règle doit être observée pour les réparations, déplacements de machines, installations provisoires, etc,

La connexion à un sol humide ou à l'eau est toujours facile dans les établissements industriels récents avec conduites d'eau, de vapeur ou d'air comprimé très étendues. Il n'en est pas ainsi dans les anciens bâtiments presque toujours isolés, dans lesquels il est souvent très difficile ou impossible d'arriver à une nappe d'eau. Cette condition n'est d'ailleurs pas indispensable, et nous indiquerons plus loin diverses façons d'y suppléer. Auparavant la description rapide de quelques accidents dus à des terres défectueuses fera mieux ressortir l'utilité de ces précautions :

1° Le tableau de l'installation électrique à 500 volts d'un chariot transbordeur portait un interrupteur tripolaire dont le pôle médian prolongé servait d'axe à la poignée de manœuvre constituée par une matière isolante, suivant la disposition rencontrée assez fréquemment autrefois. La partie inférieure de la poignée était serrée par une bague en laiton non réunie à la terre. Par suite d'un défaut d'isolement, cette bague ayant été mise sous tension occasionna la mort du machiniste qui l'avait touchée avec le petit doigt.

2° Dans une salle de machines d'une galerie de mines la lumière avait été branchée directement aux bornes d'un transformateur à 500 volts. Le câble, à protection de tresse d'acier, mettant en série les lampes était fixé directement aux parois de la galerie par des colliers métalliques. Néanmoins un défaut d'isolement ayant provoqué la mise sous tension du câble, le contact de la tresse d'acier fut mortel.

3° Un ouvrier, remontant du puits d'aspiration d'une pompe, pose ses pieds humides sur une plaque de fonte, et touche par mégarde la douille de sa lampe à main à 110 volts (alternatif), mal isolée et non réunie à la terre. Le contact lui est mortel.

4° Des cas semblables d'électrocution par des lampes à main à basse tension, dont les poignées portent des parties métalliques non réunies à la terre, sont très fréquents.

5° Même accident que le n° 2 à 220 volts, dans une galerie minière, causé par un tube à armature métallique genre Bergmann entourant un câble et mis sous tension par suite de défauts d'isolement. Le tube était fixé sur les parois de la galerie par des colliers métalliques, un ouvrier poussant un wagonnet, l'amena en contact avec le tube et fut tué par la fermeture du courant à la terre à travers le wagonnet et son corps. Les roues du wagonnet reposant sur les rails de la galerie constituaient cependant une terre, mais elle était insuffisante.

6° Un châssis de distribution métallique pour courant triphasé 500 volts était placé sur un socle en béton sec et n'avait pas de mise à la terre spéciale. Un défaut d'isolement se produisit; le châssis se trouva mis sous tension et provoqua l'électrocution du machiniste.

7° Même accident causé par la manette métallique du rhéostat de démarrage d'un petit moteur triphasé placé dans une cuisine de charcutier.

8° Le parc à ferrailles d'une usine métallurgique est

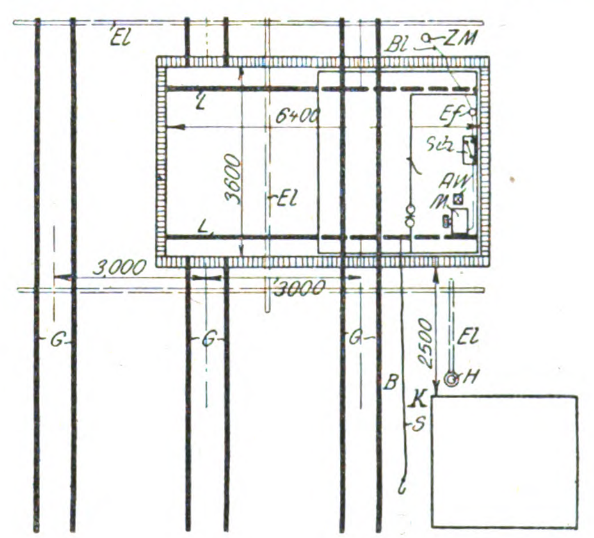


Fig. 1. — ZM, poteau. — Bl, connexion mobile. — Ef, entrée. — Sch, interrupteur. — M, moteur. — Aw, résistance. — H, fontaine. — El, connexion de mise à la terre. — L, rails du transbordeur. — S, câble de tirage. — G, voies.

desservi par huit cisailles transportables montées sur chariots, commandées par des moteurs à courant triphasé 500 volts de 4 à 30 kilowatts. Le poids de chaque machine varie de 4 à 8 tonnes. L'amenée du courant est faite par un câble souple de 30 à 40 m de longueur, de 3×15 mm², à grand isolement sur lequel est enroulé en spirale un fil d'acier de 2,2 mm de diamètre. L'installation fonctionne depuis 7 ans sans aucun accident. Un ouvrier, voulant déplacer le câble et n'ayant pas remarqué une déchirure de l'enveloppe et une rupture du fil d'acier protecteur,

saisit le câble près de l'endroit de la déchirure et est tué.

9° Les exemples d'accidents dus à de mauvaises terres pourraient être multipliés; nous n'en citerons plus qu'un très instructif occasionné par un chariot transbordeur équipé en courant triphasé 500 volts. Ce chariot est construit entièrement en fer et roule sur des rails placés dans une fosse entourée de murs (fig. 1). Ces rails n'ont aucune liaison avec d'autres voies. Le moteur et les appareils nécessaires sont fixés directement sur le fer du chariot. Un ouvrier K chargé de l'accrochage reçut un choc violent qui le fit rester cinq minutes sans connaissance en soulevant le câble S; un deuxième ouvrier B accouru à son secours fut tué, tandis que le machiniste, descendu précipitamment du chariot sans couper le courant, recevait également un choc dangereux à l'instant où son pied touchait le sol. Le temps était sec le jour même de l'accident ainsi que plusieurs journées auparavant.

Les recherches qui suivirent l'accident montrèrent qu'un des fils d'amenée du courant au moteur s'était desserré par suite des vibrations et était venu en contact avec la carcasse. Il en était résulté la mise sous tension de tout le chariot et du câble métallique S, malgré le contact avec les rails de la fosse qu'on pouvait considérer comme une terre suffisante. Par contre, les ouvriers placés sur le sol et sur les voies de l'usine, en dehors de la fosse du chariot offraient au courant un passage à la terre direct lorsqu'ils touchaient le câble S en supprimant sa terre. La mise à la terre des rails de la fosse fut ensuite réalisée par un châssis comme indiqué sur la figure.

Ces exemples sont extraits de ceux de la pratique d'un seul district industriel.

Les indications relatives à la mise à la terre peuvent se classer en deux catégories concernant : 1° les pièces à réunir à la terre, et 2° la manière de réaliser la connexion.

1° *Conducteur neutre mis à la terre.* — L'économie et le bon rendement d'une installation exigent une tension de service la plus élevée possible. Pour concilier cette condition avec celle de la sécurité maximum, on recourt aux distributions avec conducteur neutre soit en courant continu 2×125 volts, soit en courant triphasé à 4 conducteurs 3×250 volts, 450 volts entre phases. Cette mise à la terre du conducteur neutre constitue un premier préservatif si l'on admet qu'une tension de 250 volts n'est pas dangereuse.

2° *Pièces à réunir à la terre.* — D'après les prescriptions des associations techniques les pièces métalliques exposées à un contact accidentel, appartenant directement à des constructions électriques et situées au voisinage de conducteurs électriques à haute tension doivent être mises à la terre à moins d'être l'objet d'exceptions spécifiées expressément ou d'être classées dans la catégorie des pièces qui doivent être isolées.

Ces prescriptions concernent uniquement les installations à haute tension. La seule mention qui soit faite des installations basse tension, spécifie que la mise à la terre doit être faite pour les boites ou poignées d'interrupteurs métalliques, alors qu'elle est également indispensable pour les carcasses de machines, boites de manœuvre et châssis métalliques, manteaux de plomb des câbles, tubes isolants, boites protectrices, manettes métalliques des rhéostats, et en général pour toutes pièces métalliques non parcourues par le courant appartenant directement ou non à l'installation. L'exemple de l'accident relaté plus haut à propos du chariot transbordeur montre d'ailleurs qu'il est faux de distinguer les pièces métalliques entre elles, puisque, dans ce cas, non seulement le chariot mais le câble de manœuvre lui-même avaient été mis sous tension. Toutes les pièces métalliques voisines de la connexion de mise à la terre doivent y être réunies; les dépenses sont d'ordinaire très faibles, et l'accroissement de sécurité est sensible. Cette condition est presque toujours réalisée d'elle-même dans les stations génératrices, car chaque machine, à vapeur, moteur à gaz ou turbine hydraulique, est reliée à une conduite d'eau ou de vapeur constituant une bonne terre.

Les machines-outils à proximité de leur moteur doivent être mises à la terre.

L'une des meilleures façons de procéder consiste à réunir entre elles, dans un atelier, toutes les pièces métalliques en contact plus ou moins direct avec la terre, telles que charpentes, bâtis de pompes, machines à vapeur, etc. La cage ainsi formée est mise en contact le plus souvent possible avec l'eau du sol. Il suffit alors de relier les machines électriques à cette cage par les plus courts chemins. Les machines électriques fixées sur l'une des pièces de la cage sont d'elles-mêmes à la terre à la condition que les surfaces en contact soient propres. Les meilleures prises de terre sont constituées par des plaques de grande surface plongeant dans l'eau. D'autres, telles que les conduites d'eau, de gaz, de vapeur, de chauffage, les châssis de fondations de grosses machines, les rails, etc., peuvent être utilisées à moins de frais et remplissent le même office. On doit cependant chercher à les utiliser toujours dans leur ensemble et jamais séparément. La question d'atteindre ou de ne pas atteindre l'eau du sol, n'a plus d'importance dans ces conditions. Lorsque l'utilisation de ces électrodes naturelles n'est pas jugée suffisante, on leur adjoint des électrodes artificielles : plaques, tubes à gaz noyés, rails enfoncés en terre, etc. Les connexions doivent être très fortes, en cuivre ou en fer. La section est à calculer d'après l'intensité de fusion des plombs à raison de 10 ampères par mm²; on admet qu'une connexion de 50 mm² suffit dans tous les cas.

Quelques particularités sont à signaler : les transformateurs présentent, outre le danger d'un contact de la masse avec la haute tension, celui d'un contact entre la haute et la basse tension. On protège d'ordinaire le réseau basse tension par des pastilles ou fusibles à éclatement réalisant automatiquement la mise à la terre lorsque la tension dépasse une valeur donnée. Ce moyen est peu sûr. On lui substitue souvent, pour les transformateurs à basse tension, la mise à la terre définitive de certains points du

réseau basse tension. Ce procédé est applicable aux transformateurs de mesures et à ceux de forte puissance, pour des valeurs de la basse tension inférieure à 250 volts par rapport à la terre. Son inconvénient est sa répercussion sur les lignes téléphoniques unipolaires.

Les stations centrales de puissance supérieure à 3000 kw sont pourvues d'ordinaire d'un tableau de distribution installé dans un bâtiment séparé, établi toujours avec une charpente en fer ou contenant des parties en béton armé. Il s'en suit que la galerie de service du tableau est souvent très difficile à isoler et même impossible à isoler dans les installations minières du fond. Il est alors préférable de mettre franchement à la terre toute la charpente du tableau, les boîtes et les carcasses des interrupteurs et des autres appareils ainsi que tous les organes de manœuvre métalliques.

En ce qui concerne les sectionneurs, qui constituent la meilleure coupure en cas de travaux de réparations, il est indispensable qu'il existe une terre entre les parties coupées. Cette condition n'est jamais observée assez rigoureusement.

On rencontre un doute sur l'opportunité de mettre à la terre les supports des isolateurs portant les barres, lorsque la disposition adoptée est celle des cellules en béton. Si les parois de béton sont traversées par des barres ou encastrées dans des châssis en fer, il ne subsiste aucun doute sur la nécessité de mettre à la terre. Au cas contraire, on peut s'en dispenser, du moins jusqu'à une certaine valeur de la tension. Il est d'ailleurs difficile d'indiquer cette valeur, qui varie dans de grandes proportions suivant les conditions locales et le degré d'humidité. La mise à la terre des supports est indispensable pour les installations minières du fond, car l'humidité communique toujours une certaine conductibilité au béton. En général, il est bon de mettre à la terre partout, au moyen d'une simple bande de fer disposée perpendiculairement aux cellules au moment de leur construction et sur laquelle seront fixés les supports d'isolateurs.

Les isolateurs en porcelaine et les pièces de traversée des parois ne présentant pas de parties métalliques doivent être entourées de cadres métalliques établis spécialement, s'ils n'existent pas d'eux-mêmes dans les charpentes.

On fait quelquefois le reproche à la mise à la terre des installations à haute tension de constituer plutôt un danger qu'une sécurité, par suite de l'existence de nombreux conducteurs nus sous tension. Ce danger qui, en effet, existe dans les installations anciennes disparaît dans les tableaux modernes où chaque départ a sa cellule spéciale avec ses sectionneurs. Les installations avec double système de barres collectives permettent les travaux d'entretien et de réparation en pleine marche, sans avoir rien à craindre du voisinage de conducteurs sous tension.

Les supports et armatures métalliques des câbles sont à mettre à la terre de la même façon que les carcasses de machines ou d'appareils. A cette catégorie appartiennent les manteaux de plomb des câbles et les tubes isolants à revêtement métallique. Les manchons de jonction de câbles et tubes doivent être mis en court-circuit par une connexion spéciale mise elle-même à la terre.

La mise à la terre spéciale des poteaux ou pylônes métalliques supportant les lignes est à recommander à partir de 1000 volts. On réunit entre eux tous les pylônes par un câble en acier enterré, connecté de place en place à des plaques de terre plongeant dans l'eau.

Les machines et appareils mobiles méritent une attention particulière. La mise à la terre des câbles souples est assurée d'ordinaire par une tresse de fil d'acier qui se coupe assez facilement. On commence à lui préférer un enroulement de rubans de cuivre de 0,3 à 0,5 mm d'épaisseur, et de 2 ou 3 mm de largeur, assez lâche pour ne pas nuire à la flexibilité du câble. Cette armature de cuivre est elle-même recouverte d'une tresse de chanvre et, le cas échéant, d'un fil d'acier enroulé en spirale servant à la protection mécanique. Le manteau de cuivre ainsi formé est réuni à l'une de ses extrémités à un contact spécial de mise à la terre de la fiche de prise de courant et à l'autre extrémité au bâti du moteur à alimenter. La fiche de prise de courant doit être construite de telle sorte qu'il ne puisse pas en être fait usage avant que la mise à la terre ne soit établie. Cette protection

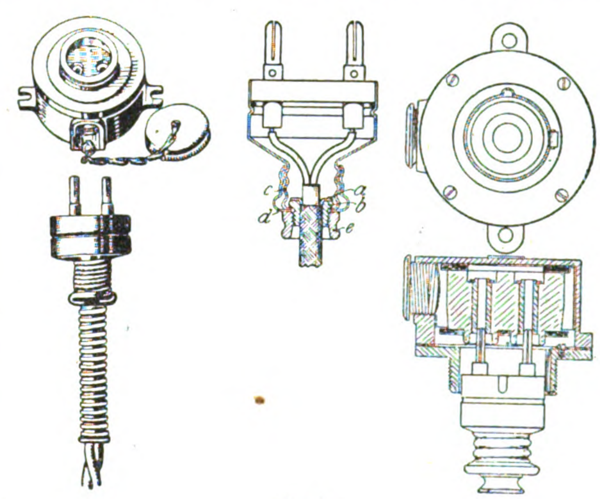


Fig. 2.

est efficace même pour des câbles souples de grande longueur tels que ceux employés pour l'alimentation des charrues ou des excavateurs.

La figure 2 montre une boîte et une fiche de prise de courant bipolaires avec contact de terre, de la maison Voigt et Haeffner. Les parties conductrices du courant de la boîte de prise sont fixées dans une enveloppe en fonte, et la fiche dans une enveloppe en tôle. La figure montre que le contact entre les parties métalliques à la masse de la fiche et de la boîte s'établit avant celui des parties conductrices du courant. Dans certains types un ressort placé à l'intérieur de la boîte assure le contact (dessin de droite). La fiche peut être surmontée d'un bouchon fileté qu'on visse à la place du couvercle de la boîte une fois la fiche enfoncée, pour empêcher l'arra-

chement. Les installations particulièrement dangereuses, telles que les sucreries et les usines de produits chimiques, doivent comprendre le moins possible de lampes à main et d'appareils mobiles, par suite de la difficulté rencontrée pour maintenir les terres. Il est bon, dans ces usines, d'employer des lampes à mains à 50 ou 60 volts ou mieux encore des lampes à accumulateurs. L'abaissement de la tension est à conseiller également pour tous les petits appareils mobiles servant aux usages domestiques.

Les installations minières et métallurgiques comprennent un grand nombre de machines mobiles telles que cisailles, grues, chariots transporteurs, etc. Le réseau de rails de ces usines est considéré comme une bonne terre. Cependant des mesures répétées en ont montré l'insécurité provenant de ce que la rouille des contacts et des joints se comporte par temps sec comme un isolant. Des mesures de résistances furent effectuées dans les parcs de diverses usines en réunissant l'une des extrémités d'un fil de 300 m de longueur à la conduite d'eau générale et en connectant l'extrémité libre à différentes conduites situées dans un rayon de 500 m. Les résistances trouvées furent comprises entre 0,2 ohm et 1 mégohm. Un nettoyage de joints et l'enlèvement de la rouille provoquèrent l'abaissement de toutes les résistances à quelques ohms ou à des fractions d'ohm. Il peut se faire très souvent que l'augmentation de la résistance soit due au desserrage de joints. Des mesures effectuées sur deux voies placées l'une à côté de l'autre dans une galerie de mines donnèrent des résultats analogues, bien que le sol de la galerie fût humide. Ces mesures montrent qu'il ne suffit pas pour constituer une bonne terre de réaliser quelques connexions à un réseau de rails. L'emploi de connexions entre les rails étant coûteux, on pourra dans tous les cas, notamment dans les chariots transbordeurs, établir une ligne spéciale aboutissant à une bonne électrode et reliée au chariot mobile par un frotteur.

La mise à la terre dans les mines exige des précautions particulières par suite de la rareté des électrodes naturelles, les voies et les conduites d'air comprimé ne présentant pas une sécurité suffisante pour les raisons citées plus haut. On utilise ici encore les conduites d'eau ou des enveloppes de vieilles chaudières qu'on enfonce dans les puisards. Dans les cas où il n'est pas possible d'atteindre l'eau, on se sert de vieux câbles en acier, enterrés dans le sol à une profondeur de 10 centimètres sur une longueur de 2×50 m environ. Les armatures et manteaux de plomb des câbles doivent toujours être reliés à la terre réalisée en court-circuitant séparément chaque jonction, comme il a été dit, par une connexion mise elle-même spécialement à la terre. Les rails de retour des locomotives électriques constituent d'excellentes terres, à la condition que les connexions entre rails soient bien entretenues. La mise à la terre de foreuses et haveuses électriques mobiles étant difficile, il est bon de mettre à la terre le point neutre du transformateur triphasé d'alimentation, de façon que la tension simple par phase ne dépasse pas 60 à 70 volts. En résumé, les mises à la terre dans les installations minières du fond exigent des précautions extraordinaires.

Vérification des terres. — Cette vérification peut se faire dans quelques cas à l'aide du pont de Wheatstone. L'appareil le plus employé est le galvanomètre à magnéto, fournissant une tension intermittente continue de 600 volts, relié à un voltmètre indicateur à deux échelles de 250 à 500 volts (fig. 5). Cet appareil est susceptible d'un triple emploi. L'une des électrodes est une lime triangulaire permettant de mettre à nu une surface propre sur une construction en fer. La seconde électrode consiste en un

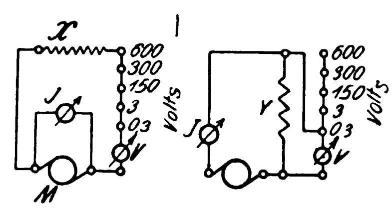


Fig. 5.

poinçon utilisable pour assurer le contact avec l'armature d'un câble, à travers une tresse ou une couche de jute.

L'instrument peut être employé seul comme voltmètre pour les échelles 0,5, 5, 150, 500 et 600 volts. La résistance par volt est de 200 ohms.

La mesure des isolements jusqu'à 10 méghoms exige le montage de la figure de gauche ; celle des résistances des terres entre 0 et 50 ohms se fait par le montage de droite. Les lettres ont la signification suivante : M, magnéto ; J, voltmètre-indicateur ; X, résistance d'isolement à mesurer ; Y, résistance de terre à mesurer ; V, voltmètre. La mesure des faibles résistances des terres s'effectue à intensité constante. Celle-ci est de 0,015 ampère pour un écart de 500 divisions du voltmètre J qui indique sur une échelle graduée de 0 à 50 ohms la valeur de la résistance.

La mesure des isolements repose sur celle du courant à travers la résistance X et le voltmètre V montés en série pour une tension constante de 500 volts, indiquée par J qui porte une échelle de résistances d'isolement.

L'usage de l'appareil est des plus simples ; la seule rotation de la manivelle à la main permet de reconnaître si la terre est bonne ou non. La mesure des résistances en utilisant la division 500° permet une assez grande exactitude qui n'est d'ailleurs pas nécessaire en pratique.

La résistance d'une bonne terre doit être une faible fraction d'ohm. Une terre de quelques ohms peut provoquer des accidents dans certaines exploitations telles que les usines métallurgiques et les usines contenant des pièces métalliques à la terre en grande quantité. Par contre des résistances de plusieurs centaines d'ohms peuvent être considérées comme de bonnes terres, dans les endroits secs sans pièces métalliques. Tout dépend, en somme, des conditions locales.

L'efficacité des terres constituées comme il est indiqué

plus haut est démontrée par l'exemple d'une résistance hydraulique de mise en charge pour alternateurs triphasés représentée figure 4. Cette résistance consiste en trois caisses en bois d'environ 0,60 m de largeur, 1 m de hauteur, et 1 à 3 m de longueur, suivant la tension à appliquer. Les parois d'avant en tôle portent les robinets d'amenée d'eau froide et d'évacuation d'eau chaude. Les autres parois ainsi que les fonds des caisses sont en bois. Les fonds sont isolés. Les trois électrodes haute tension sont suspendues à des isolateurs placés très près des parois d'arrière. Les trois parois d'avant ainsi que les trois plaques métalliques portées par un fer cornière qui constituent le point neutre du système sont reliées entre

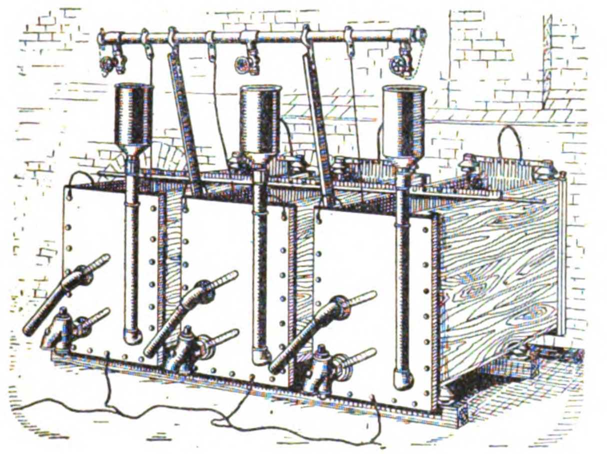


Fig. 4.

elles et à la conduite supérieure d'amenée d'eau par des câbles en cuivre de 35 mm². Les parties inférieures des plaques sont en outre reliées à une terre, prise aux fondations d'une turbine à vapeur et de son condenseur. Cette résistance est utilisée fréquemment pour des puissances de 3000 à 4000 kilowatts et des tensions de 6000 v. Les robinets d'amenée et d'évacuation, les plaques avant et le fer cornière supportant les plaques du point neutre peuvent être touchés sans gants par le personnel reposant sur le sol humide, sans ressentir le moindre picotement.

En général, les mises à la terre exécutées suivant les indications précédentes sont très peu coûteuses. Elles ne possèdent pas seulement l'avantage d'augmenter la sécurité du personnel, mais elles augmentent également celui de l'installation, en particulier dans les installations basse tension, qui laissent souvent à désirer. Bien des accidents qui ont pu paraître bizarres n'ont pas d'autre cause. Il est évident qu'un défaut provoqué, par exemple, par le contact d'une boîte protectrice en tôle mince affaissée sur un interrupteur ou par une fuite entre une barre et un support rendra impossible la prolongation du service de l'appareil défectueux si la mise à la terre en a été faite. La recherche du défaut est alors indispensable, d'où obligation pour le personnel de veiller très attentivement à l'entretien de l'installation. A. Gébelin.

SUR LA

RÉSISTANCE D'ISOLEMENT DES INDUITS DE MOTEURS A COURANT CONTINU

Une tendance de plus en plus marquée à faire les essais de rupture diélectrique à chaud nous a conduit à chercher si vraiment nous y trouvions des avantages de sécurité.

Le bobinage des induits d'un moteur devait résister à une tension de 2800 volts aussitôt après l'essai horaire :

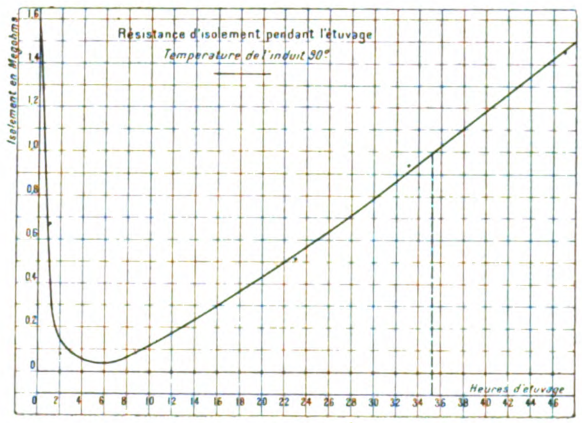


Fig. 1.

nous avons dû déterminer exactement dans quelles conditions nous devions faire cet essai sans craindre d'accidents.

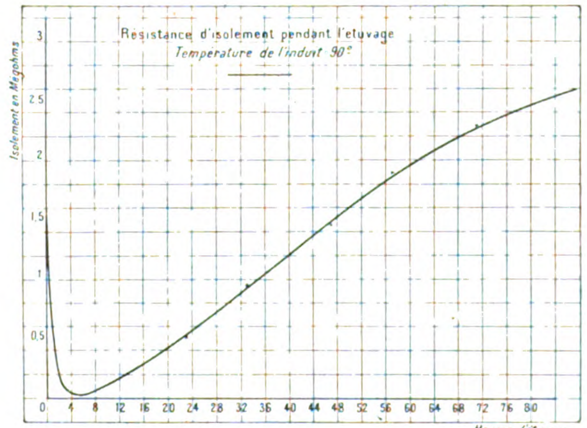


Fig. 2.

L'isolement d'une section de ce moteur était le suivant :

1° 2 couches coton;

2° 1 papier gomme laqué entre couches;

3° 1 vernissage sur la section (vernis clair);

4° 3 tours de toile huilée;

5° 1 jaconas à demi-recouvrement;

6° 2 couches de vernis sur les sorties des fils à tresse coton.

TABLEAU I. — ESSAIS DES INDUITS.

NUMÉRO DE L'INDUIT.	HEURE DE L'ESSAI.	TEMPÉRATURE AMBIANTE EN DEGRÉS.	TEMPÉRATURE DE L'INDUIT SUR FER EN DEGRÉS.	RÉSISTANCE EN OHMS.	DURÉE DE L'ÉTUVAGE EN HEURES ET MINUTES.	OBSERVATIONS.
7258	17h30	23	23	964 000	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	9h30	17	90	252 500	16	2° Induit chaud, à la sortie de l'étuve.
	17h30	17	17	13 815 500	»	3° Induit après cerclage, avant vernissage.
	8h20	20	20	12 000 000	»	4° Induit prêt à monter dans sa carcasse.
7260	17h30	23	23	1 450 000	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	9h30	17	90	254 000	16	2° Induit chaud, à la sortie de l'étuve.
	17h30	17	17	13 940 000	»	3° Induit après cerclage, avant vernissage.
	9h30	20	20	11 960 000	»	4° Induit prêt à monter dans sa carcasse.
7244	17h30	17	17	1 772 000	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	8h45	18	87	386 000	15 15	2° Induit chaud, à la sortie de l'étuve.
	8h20	20	20	14 750 000	»	3° Induit après cerclage, avant vernissage.
	18h	22	22	8 500 000	»	4° Induit prêt à monter dans sa carcasse.
7254	17h35	17	17	1 245 500	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	8h45	18	87	318 000	15 10	2° Induit chaud, à la sortie de l'étuve.
	8h45	20	20	11 960 000	»	3° Induit après cerclage, avant vernissage.
	2h	21,5	21,5	9 195 000	»	4° Induit prêt à monter dans sa carcasse.

TABLEAU II. — ESSAIS DES INDUITS.

NUMÉRO DE L'INDUIT.	HEURE DE L'ESSAI.	TEMPÉRATURE AMBIANTE EN DEGRÉS.	TEMPÉRATURE DE L'INDUIT SUR FER EN DEGRÉS.	RÉSISTANCE EN OHMS.	DURÉE DE L'ÉTUVAGE EN HEURES ET MINUTES.	OBSERVATIONS.
7256	8h50	18	18	1 500 000	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	18h	22	90	97 100	9 10	2° Induit chaud, à la 1re sortie de l'étuve.
	8h15	20	92	514 716	23 25	3° — 2° —
	18h05	21	90	941 000	33 15	4° — 3° —
	8h	19,5	89	1 456 800	47 10	5° — 4° —
	18h	24	91	1 918 000	57 10	6° — 5° —
	8h	17	88	2 280 000	71 10	7° — 6° —
	11h30	21	90	2 340 000	74 40	8° — 7° —
	18h	22	22	20 000 000	»	9° Induit froid après cerclage, avant vernissage.
	8h	15	15	14 000 000	»	10° Induit fini prêt à monter dans sa carcasse.
7271	8h	19,5	19,5	1 175 000	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	18h	24	91	93 250	10	2° Induit chaud, à la 1re sortie de l'étuve.
	8h	17	87,5	550 000	24	3° — 2° —
	18h	22	89	1 044 000	34	4° — 3° —
	8h	20	90	1 460 000	48	5° — 4° —
	18h	21	90	1 725 000	58	6° — 5° —
	8h	15	80	2 900 000	96	7° — 6° —
	10h45	21	21	21 500 000	»	8° Induit après cerclage, avant vernissage.
	10h30	22	22	15 000 000	»	9° Après vernissage, prêt à monter dans sa carcasse.
7277	10h45	20	20	1 590 000	0	1° Induit fini de bobinage, avant étuve.
	11h45	20	50	607 000	1	2° Induit chaud, à la 1re sortie de l'étuve.
	13h45	20	85	77 600	3	3° — 2° —
	14h45	20,5	90	65 500	3 40	4° — 3° —
	15h45	21	90	48 600	5	5° — 4° —
	16h45	21	90	41 200	6	6° — 5° —
	17h45	21	90	43 250	7	7° — 6° —
	7h45	15	80	1 420 000	45	8° — 7° —
	10h45	21	21	14 700 000	2e étuvage	9° Induit après cerclage, avant vernissage.
	10h30	22	22	20 000 000	0	10° Induit après vernissage.
	13h30	22,5	58	11 000 000	3	11° Induit après vernissage, et remis à l'étuve.
	16h40	22,5	87	5 800 000	6 10	12° — —
	10h45	19,5	19,5	15 000 000	»	13° Induit fini, prêt à monter dans sa carcasse.

Nous avons commencé par prendre quatre induits en cours de fabrication; le bobinage et la mise au collecteur terminés, la résistance d'isolement était en moyenne de 1 mégohm; à ce moment, nous les avons placés dans une étuve à 90° C.; après 16 heures d'étuvage, l'induit à 90 C., la résistance n'était plus que de 300 000 ohms. Après le cerclage, la température de l'induit n'étant plus que de 17° C., la résistance d'isolement atteignait 13 et 14 mégohms, pour redescendre à 10 et 11 mégohms sitôt la dernière opération du vernissage. (Ces essais sont résumés dans le tableau I.) Il ne restait plus que la vérification, l'essai horaire terminé. Loin d'être suffisante, la résis-

tance d'isolement n'était plus que 100 000 ohms, lorsqu'il est nécessaire d'avoir au moins 500 000 ohms pour résister à une tension de 2800 volts.

Il nous fallait donc déterminer exactement le temps d'étuvage de ces induits, tout en tenant compte de la fabrication, car, pour certaines raisons, nous sommes obligés de cercler les induits à chaud.

Conservant toujours la même marche que dans le cas précédent, nous avons relevé d'heure en heure la résistance d'isolement de 3 induits placés dans l'étuve à 90° C.; la moyenne de ces points est indiquée sur les courbes I et II. Comme nous pouvons le constater, pendant les 6 premières heures la résistance d'isolement passe de 1,5 mégohm à 41 200 ohms, pour atteindre 2,9 mégohms après 96 heures d'étuvage. L'opération du cerclage terminée, les induits revenus à la température ambiante, la résistance était de 20 mégohms pour retomber à 15 immédiatement après le vernissage. Un des trois induits remis à l'étuve nous fit constater une nouvelle décroissance de l'isolement; de plus les deux autres induits ne mesuraient plus que 369 000 ohms après l'essai horaire (tableau II).

L'ordre de l'étuvage était donc défectueux; il fallait chauffer les induits pour le cerclage et faire l'étuvage après le vernissage; c'est ce que nous avons déterminé sur les deux induits ci-dessous.

Tableau III. — Essais des induits.

Numéro de l'induit.	Heure de l'essai.	Température ambiante en degrés.	Température de l'induit sur fer en degrés.	Résistance en ohms.		Durée de l'étuvage en heures et minutes.	Observations.
7247	10h	20	20	20 000 000		0	Après vernissage.
	12h	20	45	11 000 000		2	—
	15h	20	90	5 500 000		5	—
	17h	21	»	3 500 000		7	—
	8h	21	»	2 300 000		22	—
	11h	21	»	2 340 000		25	—
	14h	21	»	2 670 000		28	—
	17h	21,5	»	2 750 000		31	—
	8h	20	»	2 670 000		46	—
	10h	22	»	2 750 000		48	—
	10h	23	23	20 000 000		»	Avant montage.
7268	10h	20	20	20 000 000		0	Après vernissage.
	12h	20	45	2 750 000		2	—
	15h	20	90	922 000		5	—
	17h	21	»	705 000		7	—
	8h	21	»	460 000		22	—
	11h	21	»	514 000		25	—
	14h	21	»	580 000		28	—
	17h	21,5	»	680 000		31	—
	8h	20	»	590 000		46	—
	10h	22	»	610 000		48	—
	12h	23	»	1 350 000		52	—
	10h	23	23	20 000 000		»	Avant montage.
				Résistance du collecteur	Résistance de l'enroulement		
7297	8h 30	18	18	20 000 000	3 600 000	0	Avant mise au collecteur.
	9h 45	»	50	»	215 000	1 15	—
	10h 30	»	65	»	95 000	2	—
	11h 30	19	80	»	60 000	3	—
	13h 30	20	90	»	78 000	5	—
	18h	»	»	»	80 000	10 30	—
	9h	»	»	»	1 335 000	24 30	—
	15h	»	»	»	1 370 000	30 30	—
	7h 30	21	»	»	1 430 000	47 30	—
	13h 30	21	»	»	1 567 000	53 30	—
	8h	21,5	29,5	»	12 000 000	»	Froid avant mise au collecteur.

Après avoir chauffé le premier induit pendant 16 heures pour faire le cerclage, l'opération du vernissage terminée, nous l'avons remis à l'étuve pendant 48 heures, après lesquelles la résistance d'isolement atteignait 2,75 mégohms pour une température de 90° C.

Le deuxième induit étuvé dans les mêmes conditions accusait 1,35 mégohm après 52 heures pour une température de 90° C.

Cette différence notable entre les deux induits provient probablement d'une plus grande quantité de vernis sur le deuxième.

Il ne restait plus qu'à vérifier la résistance après l'essai horaire; le résultat fut nettement concluant, le premier cas nous accusant 637 000 ohms et le second 505 000, l'essai à 2800 volts a pu être fait dans de très bonnes conditions.

La marche de ces essais est disposée dans le tableau III sur lequel nous avons ajouté un troisième essai dont le

but était de déterminer si ces variations de résistance provenaient des sections d'induit ou du collecteur. A cet effet, la mise au collecteur n'étant pas faite, nous prenions la résistance simultanément sur les deux parties séparées; les chiffres indiquent clairement que toutes les variations proviennent uniquement des sections d'induits.

De ces essais, il nous était donc facile de déduire exactement la méthode d'étuvage.

1° Les induits entièrement montés, la mise au collecteur terminée, ils doivent être dirigés sur une étuve à 90° C. dans laquelle il est nécessaire de les chauffer pendant 12 heures, de façon à permettre une température suffisante pour l'opération du cerclage.

2° Le cerclage et le vernissage terminés, remettre les induits à l'étuve à 90° C. pendant 48 heures; prendre la résistance d'isolement à chaud qui devra toujours être au minimum d'un mégohm.

Remarque. — Cette durée de 48 heures peut être prolongée ou diminuée selon l'état de la température et le degré d'humidité des vernis employés.

Cependant, bien que la méthode ci-dessus puisse donner de grandes garanties au point de vue exploitation, nous conservons notre opinion sur l'essai de rigidité diélectrique des dynamos à courant continu et alternatif, réceptrices ou génératrices, ainsi que les transformateurs qui, à notre avis, devrait toujours être fait à la température correspondant au régime de pleine charge.

En effet, si nous regardons l'ensemble des essais faits jusqu'à ce jour, sur un grand nombre de machines et en particulier sur des induits de 550 kilowatts à 2400 volts pour une vitesse de 74 tours par minute, nous avons constaté qu'il était nécessaire de fonctionner à pleine charge pendant au moins huit jours pour arriver à chasser les traces d'humidité; c'est-à-dire pour obtenir une résistance d'isolement suffisante pour supporter sans danger une tension donnée. Pourtant il est nécessaire d'avoir une garantie lors de la première mise en marche d'un appareil.

A ceci, nous répondrons en prenant deux exemples d'induits pris dans la série du type traction.

La résistance relevée à la température ambiante sur les deux induits était de l'ordre de 1,5 mégohm, isolement suffisant pour soutenir la tension alternative de 4500 volts; cet essai nous ayant donné des résultats satisfaisants, nous avons procédé au régime horaire, après lequel nous avons relevé 150000 ohms pour chacun des induits; l'un d'eux soumis à 2000 volts claque à la masse au milieu d'une encoche, c'est-à-dire à l'endroit où la section fatigue peu comparativement aux sorties d'encoche. Le deuxième induit ramené à la température ambiante fut essayé de nouveau à 4500 volts, sa résistance d'isolement ayant augmenté. Après plusieurs essais en charge, nous obtenions enfin 500000 ohms et l'induit supportait 2800 volts après l'essai horaire.

Plusieurs expériences du même genre nous donnèrent exactement les mêmes résultats; de plus l'essai à froid ayant donné entière satisfaction, nous n'avons jamais constaté de défectuosités pendant les premiers essais au régime normal.

Il nous est donc permis d'affirmer que les induits qui ont claqué à la masse sous une tension de 2000 volts n'étaient pas construits d'une façon défectueuse, mais portaient des traces suffisantes d'humidité pour ne pouvoir supporter une tension appliquée, mais se comportaient très bien sous l'action des surtensions instantanées d'un réseau.

L'épreuve à la température ambiante donnait donc toutes les garanties, sans avoir l'inconvénient de fatiguer outre mesure les différents diélectriques.

En résumé, quel est le but d'un essai de rigidité diélectrique :

1° De s'assurer qu'il n'existe pas de point faible dans l'appareil;

2° Que les isolants prévus sont calculés pour supporter facilement les surtensions du réseau.

Les essais ci-dessus démontrent nettement qu'un essai à froid fait dans des conditions bien déterminées peut donner toutes les garanties sans fatiguer les isolants.

Pour préciser, nous indiquerons qu'il doit être fait lorsqu'on s'est assuré du fonctionnement de l'appareil, c'est-à-dire lorsque les différentes parties auront travaillé dans des conditions normales.

Remarque. — Cependant si, dans certains cas, on persistait à faire un essai à chaud, celui-ci ne devrait jamais excéder deux fois la tension normale; ce qui donnerait une garantie sur la valeur du séchage, mais non sur la valeur absolue des isolants employés.

Gaston Dupuy.

RÈGLES GÉNÉRALES

POUR LA

CONSTRUCTION DE GRANDES STATIONS CENTRALES

A VAPEUR

Un premier jugement des conditions de travail d'une station centrale peut être basé sur les considérations suivantes [1] : 1° puissance totale fournie; 2° temps d'utilisation du courant de la centrale; 3° facteur de charge de la centrale; 4° facteur de charge des consommateurs; 5° facteur de simultanéité des consommateurs; 6° facteur d'utilisation de la centrale et nombre d'heures de marche. On sait que les dépenses incombant à une station centrale se divisent en dépenses d'exploitation et dépenses indi-

[1] G. Klingenberg a traité ce sujet d'une façon très complète à l'occasion de la réunion de l'Association des Ingénieurs allemands à Leipzig.

rectes. Les premières se composent d'une partie constante et d'une partie fonction de la charge. La relation entre les frais d'exploitation totaux et la charge est représentée graphiquement par une droite, qui est la caractéristique économique de la station centrale.

L'ordonnée à l'origine de cette droite représente les frais fixes et indépendants de la charge. La courbe annuelle de la charge une fois connue, on a tous les éléments pour la détermination des dépenses de production. Les parties principales à envisager pour la construction sont :

1° *Salle des machines.* — On construit aujourd'hui des turbines à vapeur de 10000, 25000 et même 30000 kw, dont les prix relativement bas et le faible encombrement permettent de réduire au minimum les dépenses de première installation. Leur consommation de vapeur est faible et leur sécurité de marche très grande. On choisit d'ordinaire une pression d'admission de vapeur de 12 à 14 atmosphères et une température d'admission de 300° C. à 325° C. Le choix du système de turbine résulte de la double considération du prix et de la consommation de vapeur. Ces deux facteurs varient en sens contraire. Les turbines chères sont à recommander dans le cas d'emploi de combustibles à bon marché et inversement. La tension des générateurs de courant ne doit pas dépasser la tension limite qu'on peut atteindre avec le bobinage en barres, qui est le plus sûr et permet en outre d'obtenir les plus grandes puissances. Il est alors nécessaire d'élever la tension dans des transformateurs qui doivent être considérés comme faisant partie des alternateurs et doivent être montés en tension en même temps que ceux-ci. Les prescriptions allemandes exigent que les machines électriques et transformateurs puissent supporter une surcharge de 25 pour 100 pendant deux heures sans échauffement dangereux; la puissance en marche continue de la turbine à vapeur doit être supérieure à cette valeur.

La turbine doit pouvoir fournir pendant toute la journée la puissance maxima atteinte aux heures les plus chargées, mais cette condition n'est pas nécessaire pour l'alternateur. Le nombre et la puissance des unités de la station seront déterminés par le facteur de charge et la courbe caractéristique de consommation de vapeur. Celle-ci peut s'exprimer par l'égalité $Q = a + bL$ où a et b sont deux constantes, et où L représente la charge.

En général, il est avantageux d'installer une machine de faible puissance pour assurer le service à faible charge. Les excitatrices en bout d'arbre des machines principales offrent le maximum de sécurité. Par contre la commande des excitatrices par des machines à vapeur à grande vitesse ou par des moteurs branchés sur le réseau a pour elle l'avantage d'une plus grande économie, surtout lorsqu'on actionne électriquement toutes les machines auxiliaires, telles que les pompes de condensation, de circulation et alimentaires. Le courant peut être pris aux barres basse tension du tableau ou mieux encore directement aux bornes des alternateurs, comme on le fait en Angleterre.

Certains ingénieurs conseillent néanmoins la commande à vapeur de toutes les machines auxiliaires en raison de la plus grande sécurité obtenue. On disposera de préférence chaque groupe de machines auxiliaires comprenant : la pompe à air et de condensation, la pompe de circulation, la pompe alimentaire et la machine à vapeur de commande au voisinage de l'unité principale desservie. Les conduites d'eau froide seront constituées de tuyaux courts et de grand diamètre. L'eau de condensation sera conduite dans un réservoir surélevé de faible surface supérieure afin de diminuer l'absorption d'air, ce qui permettra de choisir une petite pompe à air.

La disposition des groupes auxiliaires parallèlement entre eux et perpendiculairement à l'axe des machines entraîne peu de dépenses pour les bâtiments et présente beaucoup de commodité, c'est en général la meilleure. Le placement des groupes l'un à la suite de l'autre oblige à trop augmenter la longueur de la salle des machines et n'est à recommander que pour de très grosses unités. Une mauvaise disposition est celle qui consiste à placer les machines auxiliaires suivant deux rangées parallèles à l'axe de la salle des machines.

2° *Bâtiment des chaudières.* — Les pertes peuvent être séparées en une partie constante (conductibilité et rayonnement des chaudières et carneaux) et en une partie variable avec la charge : pertes de pression, tourbillons des gaz, pertes aux mises à feu, etc. La quantité de charbon correspondant à ces différentes pertes dépend du facteur de charge et de la force des chaudières. Les dimensions les plus favorables pour la chaudière et le réchauffeur d'alimentation correspondent à une température d'évacuation des gaz chauds de 400 à 450° C. ; l'eau peut atteindre ainsi une température de 140° C. au réchauffeur d'alimentation. Les conditions qui doivent être remplies le plus possible par une bonne chaudière sont :

1° Faible surface obtenue par l'augmentation de la quantité de chaleur moyenne transmise par unité de surface de chauffe, sans augmentation de la quantité maximum transmise par les premières portions de la surface de chauffe;

2° Éviter un excès d'air à faible charge en réduisant à ce moment la surface de grille utilisée;

3° Éviter les défauts d'étanchéité à la chaudière pouvant occasionner des rentrées d'air froid;

4° Bon garnissage réfractaire de la surface de la chaudière et des conduites;

5° Faibles résistances à l'intérieur de la chaudière afin que le tirage nécessaire puisse être obtenu jusqu'à la cheminée avec la plus grande chute de chaleur possible;

6° Faible longueur des carneaux entre la chaudière et l'économiseur et entre celui-ci et la cheminée.

Les chaudières modernes à surchauffe et grand rendement, dans lesquelles la chaudière, le réchauffeur d'alimentation et la cheminée font corps, remplissent assez

bien les conditions précédentes. Elles dérivent pour la plupart d'une adaptation judicieuse des chaudières marines aux besoins industriels. Elles sont en général à tirage induit; leur pouvoir de vaporisation, exprimé en kilogrammes d'eau vaporisée par heure, atteint de 40 à 50 kg : dm² de surface de chauffe en contact avec l'eau. Le surchauffeur doit être efficace à toute charge.

On peut admettre que des turbines à vapeur de 4000 à 15000 kw donnent une puissance disponible de 700 à 1400 kw par mètre de longueur de l'axe de la salle des machines.

Par contre, les meilleures chaudières de 300 à 500 m² de surface de chauffe ne permettent par mètre qu'une puissance de 200 à 320 kw. Il est donc presque toujours nécessaire de disposer au moins une rangée de chaudières perpendiculairement à l'axe de la salle des machines. En général, on répartit les chaudières dans des bâtiments voisins et parallèles entre eux, perpendiculaires à l'axe de la salle des machines, contenant chacun deux rangées de chaudières. Des turbines de 6000 kw seront bien alimentées à raison de deux rangées de chaudières pour trois turbines, tandis qu'il est nécessaire de prévoir une rangée de chaudières pour chaque unité de 12000 kw. Le charbon, emmagasiné dans des soutes extérieures aux bâtiments des chaudières, doit être amené électriquement par quantités correspondant à la consommation de deux heures. Les conduites de vapeur peuvent être déterminées en admettant le chiffre de 80 m par seconde pour la vitesse de la vapeur. Les pertes par rayonnement peuvent être abaissées à 600 calories par mètre carré de surface par l'emploi de bons calorifuges.

Les conduites doivent être aussi courtes que possible afin d'éviter des pertes de pression, elles seront toujours munies de vannes à vapeur. Les conduites circulaires sont peu avantageuses : les conduites doubles ne sont à conseiller que dans de très grandes usines. Il est essentiel de prévoir des purgeurs ainsi qu'un compteur d'eau de condensation.

3° *Organes d'amenée du charbon.* — Les charbons doivent y tomber par leur propre poids ; les systèmes de transporteurs à bennes sont en général préférables aux transporteurs à rubans. Une bascule automatique permettant le contrôle de la consommation est indispensable.

4° *Tableau de distribution.* — On prescrit généralement pour l'appareillage les conditions suivantes :

1° Chaque appareil pris séparément doit présenter un coefficient de sécurité suffisant pour supporter sans dommage toutes les surtensions pouvant survenir en service ; le coefficient de sécurité des appareils placés dans les parties peu accessibles sera supérieur à celui des appareils accessibles ;

2° La construction mécanique des appareils présentera une solidité suffisante pour résister sans accident et sans occasionner aucun arrêt aux efforts correspondants à la puissance de court-circuit de toute la station centrale.

Un coefficient de sécurité de 5 est suffisant pour des tensions de 10000 à 20000 volts ; il suffit du coefficient 2 pour les tensions de 100000 volts.

Les isolateurs lisses établis pour que l'arc s'amorce en les surpassant à une tension inférieure à leur tension de rupture, sont préférables aux isolateurs en accordéon, car leur surface constitue une sorte de chemin d'éclatement à la masse suivi par l'étincelle, de sorte que la surtension ne frappe pas une partie essentielle d'un appareil. Le nombre des appareils à haute tension sera réduit le plus possible; un transformateur de mesures par exemple, alimentera de quatre à cinq instruments. Les quantités d'énergie produites et fournies seront mesurées par des compteurs disposés sur chaque arrivée d'alternateur et sur chaque départ. Les interrupteurs des barres doivent pouvoir couper plusieurs fois de suite toute la puissance de court-circuit de la centrale. La vitesse de coupure sera augmentée lorsque la charge sera faible. Les interrupteurs des machines seront commandés électriquement; ceux des départs seront manœuvrés à la main. La protection contre les surcharges sera bien assurée pour les alternateurs par des relais à retour de courant, et pour les câbles par des relais différentiels ou à maxima à constante de temps indépendante de l'intensité.

Il est à conseiller de mettre à la terre les points neutres des alternateurs par l'intermédiaire de résistances ohmiques, et de préserver les phases de chaque départ séparément. Un très haut coefficient de sécurité, l'emploi de transformateurs possédant des bobines de sortie isolées d'une façon très soignée, la mise à la terre des points neutres, un grand écartement entre les conducteurs des différentes phases, constituent les meilleurs préservatifs contre les surtensions. Le meilleur parafoudre est un câble d'acier placé au sommet des poteaux assurant la mise à la terre de la ligne.

Le système des doubles barres collectrices est préférable au système des barres en anneau. Il est bon, dans les grandes centrales, de réunir de quatre à six départs en une section sur des barres de groupement; celles-ci seront raccordées aux barres principales par un interrupteur déterminé pour la totalité de la puissance de court-circuit de la centrale.

La succession des appareils est la suivante : départs de lignes, sectionneurs (dérivations pour les parafoudres, protecteurs contre les surtensions et transformateurs de potentiel), transformateurs d'intensité, interrupteurs à huile, sectionneurs et barres. La disposition de l'appareillage sur plusieurs étages est la meilleure et la plus sûre.

Les organes de commande des interrupteurs à huile seront le plus possible disposés dans un couloir séparé de l'appareillage à haute tension par des parois massives. Une grande distance entre les fils de phases ou entre ceux-ci et la terre empêche mieux la formation des arcs que toute paroi isolante. Les canalisations allant au tableau seront disposées dans des caniveaux recouverts et

facilement visitables. Le tableau de distribution doit être construit dans un bâtiment séparé, toutes les fois que cela est possible, malgré le surcroît de dépense entraîné. En outre de la sécurité plus grande obtenue on aura l'avantage d'éviter tout bruit des machines au chef de tableau, avec lequel on communiquera depuis la salle des machines à l'aide d'un appareil à signaux analogue à ceux employés sur les navires et par téléphone.

5° *Situation de l'usine.* — Celle-ci est à placer le plus possible au centre de la région d'utilisation ou au voisinage d'un fleuve ou d'une mine de charbon. Le plan de l'usine pourra être esquissé en s'inspirant des données précédentes; la hauteur au-dessous du sol sera déterminée par la condition de bonne aspiration de pompes et la considération des déblais à effectuer. M. A.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 21 avril 1913.

Nitomètre ou appareil pour la mesure rapide de la brillance[1] d'une surface lumineuse, par M. A. Blondel. — 1. L'appareil représenté par les figures 1 et 3 consiste, sous sa forme la plus simple, en une chambre noire métallique, qui permet d'observer à l'œil nu sur un écran d'observation E, une image de la source lumineuse étudiée, à une échelle d'agrandissement ou de réduction qui dépend de l'objectif employé, et qui est en général voisine de l'unité. Les rayons traversent un diaphragme à œil-de-chat rectangulaire à vis micrométrique, du type que j'ai décrit antérieurement [2]. Le diamètre de l'objectif est choisi assez grand et son tirage assez limité pour que les rayons lumineux, convergeant au centre de l'image qu'on observe, couvrent toujours plus que l'ouverture du diaphragme; il en résulte que, indépendamment de la position de l'objectif, l'éclairement E de l'image est proportionnel à la brillance de la source i, suivant la formule $E = \frac{kiS}{r^2}$, en appelant k le coefficient de transmission, S la surface ouverte de l'œil-de-chat, r sa distance à l'écran. Pour que l'obliquité des rayons incidents provenant de l'œil-de-chat n'entraîne aucune erreur, l'écran E n'est pas en verre dépoli (dont l'indicatrice polaire de diffusion est en forme d'ellipse très aplatie), mais en papier ou en verre émaillé (dont l'indicatrice se rapproche beaucoup d'un cercle).

Un double prisme Lummer-Brodhun, placé devant l'image, contient, sur l'axe de visée, une bande argentée verticale à 45°, qui réfléchit la surface lumineuse de comparaison, formée par un second écran diffusant 2, éclairé par une lampe à incandescence spéciale (filament vertical dans une ampoule cylindrique). L'étalonnement de l'œil-de-chat est fait en visant une surface d'éclairement uniforme préalablement déterminé.

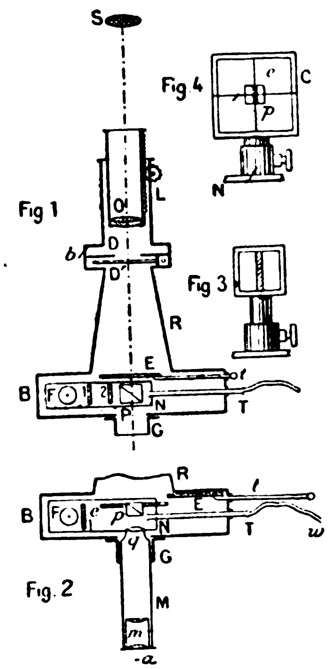


Fig. 1. — Coupe horizontale schématique de l'appareil pour comparaison directe.

S, source de lumière. — L, lunette à tirage variable. — O, objectif achromatique mobile. — *b*, boîte contenant le diaphragme fixe D et le double volet D' limitant une fente horizontale variable. — R, raccord garni de velours noir. — B, boîte à devant mobile autour d'une charnière horizontale. — E, écran en papier ou en verre émaillé recevant l'image de la source. — P, prisme double à bande argentée. — *t*, tirette de l'écran E. — F, lampe à incandescence cylindrique à filament rectiligne; 1, verre fumé éventuel; 2, verre émaillé. — T, tirette de la plate-forme mobile N. — *w*, fils souples amenant le courant électrique et passant dans la tirette. — G, douille supportant un tube de visée ou une lunette (non représentée).

Fig. 2. — Boîte *B* de l'appareil pour comparaison par microscope. *e*, écran mobile en verre dépoli avec fenêtre centrale. — *p*, prisme double à bande argentée, enchâssé dans la fenêtre. — M, microscope comprenant un objectif *q* et un oculaire *m*. — *a*, anneau oculaire du microscope.

Fig. 3. — Détail du premier prisme, en élévation agrandie.

Fig. 4. — Détail, en élévation agrandie, de l'écran *e*, avec réticule et petit prisme *p* enchâssé au centre.

2. L'appareil peut être transformé en micronitomètre (voy. fig. 2 et 4) par l'emploi d'un microscope au lieu d'un tube de visée, suivant le principe du microphotomètre de Cornu [1], déjà perfectionné par M. H. Le Chatelier dans son pyromètre [2].

[1] Le terme *intensité surfacique* a été proposé par M. J. Blondin pour désigner ce qu'on appelait autrefois *éclat intrinsèque*, terme reconnu aujourd'hui impropre à cause des acceptions trop nombreuses qu'a reçues le mot *éclat*. J'emploie pour abréger le mot *brillance* qui traduit l'anglais *brightness* et qui se déduit régulièrement de l'adjectif *brillant*.

[2] A propos de la description du photomètre universel de Blondel et Broca dans les *Comptes rendus du Congrès de Carthage* (1896) *de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*.

[1] A. Cornu, Études photométriques. *Journal de Physique*, t. X, 1881.

[2] H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, février 1892, et *Journal de Physique*, 3e série, t. I, mai 1892.

L'écran E et le prisme P des figures 1 et 2 sont remplacés par un verre dépoli e, portant dans une fenêtre centrale un petit prisme double p de 5 mm de côté, dont la bande argentée verticale intérieure renvoie sur l'objectif du microscope les rayons du filament incandescent F; on amène dans le plan de l'axe de la bande l'image aérienne de la source et on les compare par le microscope. En rabattant le fond de la chambre noire autour d'une charnière horizontale, on peut voir auparavant sur l'écran à réticule quelle est la partie de l'image qui sera dans le champ du microscope.

3. Pour mesurer la brillance d'une source très intense, on la compare directement à celle du filament de la lampe à incandescence F, en déplaçant à droite la plateforme N de façon à substituer ce filament à la bande argentée du prisme; on protège alors l'œil de l'observateur par des verres absorbants ajoutés devant l'oculaire ou dans le microscope, dont on peut du reste augmenter en ce moment le grossissement. En remplaçant la lampe spéciale F par une lampe à incandescence quelconque, et la source à étudier par un filament Nernst, dont la brillance a été préalablement tarée, on peut déterminer directement les brillances des filaments de toutes les lampes à incandescence.

Si l'on appelle r, r' les distances respectives de la bande argentée (ou du filament qui la remplace dans la méthode 3) à l'œil-de-chat et à l'objectif du microscope, l la distance de la bande argentée au filament F, D le diamètre de l'objectif du microscopé, d le diamètre du filament incandescent, k, k' k'' les coefficients de transmission respectifs de l'objectif O, de la bande d'argenture et du cube de verre, C le coefficient de clarté du microscope (toutes absorptions déduites et en tenant compte de la grandeur de l'anneau oculaire), B la brillance de la surface étudiée S, b la brillance du filament de F; on a, en égalisant par l'œil-de-chat, la relation entre les brillances apparentes

$$Ck'k''\frac{4S}{\pi D^2}\left(\frac{r'}{r}\right)^2 B = Ck'k''\frac{4d}{\pi D}\left(\frac{r'}{l}\right) b \qquad \text{ou} \quad = Cb,$$

suivant qu'on opère par la méthode du paragraphe 2, ou par la méthode du paragraphe 3 ci-dessus. D'où l'on déduit B ou b en fonction de S.

Les précautions à prendre pour légitimer l'emploi du microscope sont d'ailleurs celles qui ont été indiquées respectivement par A. Cornu (*loc. cit.*) et par moi-même [1].

REVUE DE LA PRESSE

MESURES

Mesures d'énergie en courants triphasés. — M. Karl Schmiedel vient de publier une étude sur les erreurs qui peuvent se présenter dans les mesures d'énergie en triphasé lorsque l'on emploie un seul compteur monophasé. Ce procédé n'est d'ailleurs employé qu'en triphasé équilibré; par exemple, quand on a affaire à des moteurs asynchrones, on sait que ces moteurs continuent à tourner si l'une des trois phases est coupée; si le compteur ne se trouve pas sur cette phase, il continuera à donner des indications, mais qui ne seront

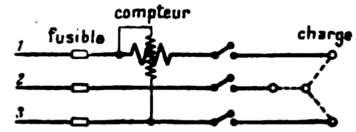


Fig. 1.

plus exactes. Nous allons voir ce qui va se passer dans les différents cas qui peuvent se présenter. — Soient :

E_1, E_2, E_3, tensions de phases;

I_1, I_2, I_3, courants de lignes;

$E_{1\text{-}2}$, $E_{2\text{-}3}$, $E_{3\text{-}1}$, tensions composées;

A, lecture du compteur;

W, énergie réellement consommée dans le réseau;

$F = \frac{A - W}{W}$, erreur du compteur.

Disposition I. — Enroulement gros fil dans une phase, enroulement dérivé, entre cette phase et le point neutre.

a. Montage de la figure 1. — Le compteur indique le travail de la phase dans laquelle il est branché multiplié par trois. Pour des phases équilibrées le compteur donne :

$$A = 3E_1I_1 \cos\varphi = W.$$

1° Si l'on coupe la phase 1 :

$$A = 0, \quad \text{alors} \quad F = \frac{A - W}{W} = -100 \text{ pour } 100.$$

Le compteur s'arrête.

2° La phase 2 est coupée :

$$A = 3E_1I_1 \cos\varphi,$$
$$W = E_1I_1 \cos\varphi + E_3I_3 \cos\varphi,$$
$$= 2E_1I_1 \cos\varphi.$$

Le compteur avance de 50 pour 100.

3° Pour la phase 3 coupée, le résultat sera le même.

b. Montage de la figure 2. — On produit un point neutre

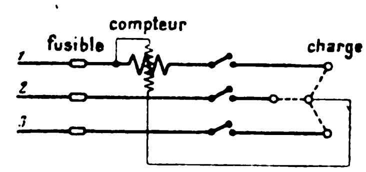


Fig. 2.

artificiel et l'on suppose qu'il n'existe pas de moteur sur le réseau.

1° Phase 1 coupée :

$$A = 0, \qquad F = -100 \text{ pour } 100.$$

Le compteur est arrêté.

2° Phase 2 coupée.

L'enroulement tension du compteur est branché sur la moitié de la tension entre deux conducteurs :

$$A = 3\frac{E_{1\text{-}3}}{2}I_1 \cos\varphi,$$
$$W = \frac{E_{1\text{-}3}}{2}I_1 \cos\varphi + \frac{E_{1\text{-}3}}{2}I_3 \cos\varphi,$$
$$= E_{1\text{-}3}I_1 \cos\varphi,$$
$$F = \frac{A - W}{W} = +50 \text{ pour } 100.$$

[1] A. Blondel, Sur un photomètre-luxmètre portatif. *Congrès de l'Association française*. Reims, 1907.

3° Phase 3 coupée : Avance de + 50 pour 100.

c. Même montage, mais avec des moteurs sur le réseau. Si

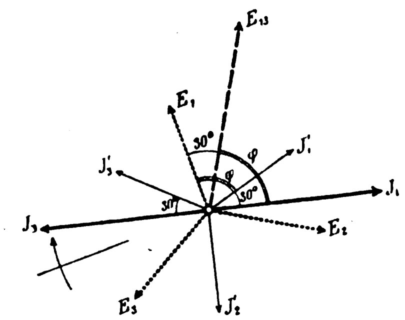


Fig. 3.

une phase est coupée, le moteur continue à tourner et maintient les mêmes tensions à ses bornes.

1° Phase 1 coupée :

$$F = -100 \text{ pour } 100.$$

2° Phase 2 coupée :

La bobine dérivation du compteur est toujours alimentée par la tension E_1 (voy. fig. 3). Dans cette figure les traits fins

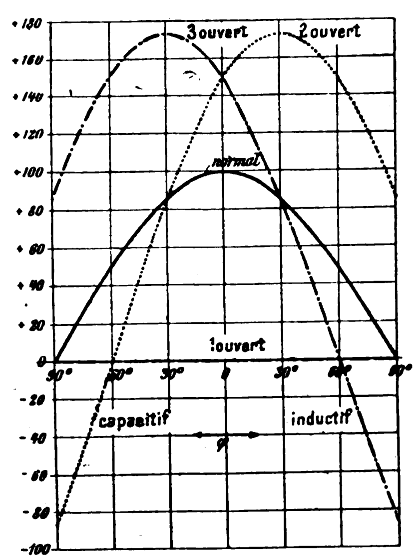


Fig. 4. — Indications du compteur dans les dispositions I et II lorsque l'on coupe différentes phases.

$I'_1 I'_2 I'_3$ représentent les courants de phases en direction et en grandeur avant que la phase 2 soit coupée.

Quand la ligne 2 est coupée, $I'_2 = 0$, $I'_1 = I'_3$ et ils sont décalés de 180° entre eux.

$$A = 3E_1I_1 \cos(\varphi + 30),$$

$$= \frac{3}{2}\sqrt{3}E_1I_1 \cos\varphi - \frac{3}{2}E_1I_1 \sin\varphi,$$

$$W = E_{1\text{-}3}I_1 \cos\varphi ;$$

posons :

$$E_{1\text{-}3} = \sqrt{3}E_1,$$

$$F = \frac{A - W}{W} = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\,\text{tg}\,\varphi \text{ ou } (50 - 86{,}6\,\text{tg}\,\varphi) \text{ p. } 100.$$

3° Phase 3 coupée :

On arriverait de la même façon au résultat

$$F = (50 + 86{,}6\,\text{tg}\,\varphi) \text{ pour } 100.$$

Dans la figure 4 on peut voir que dans certaines conditions le compteur peut même tourner à l'envers, remarque qui a été mise à profit par certains consommateurs. La figure 5

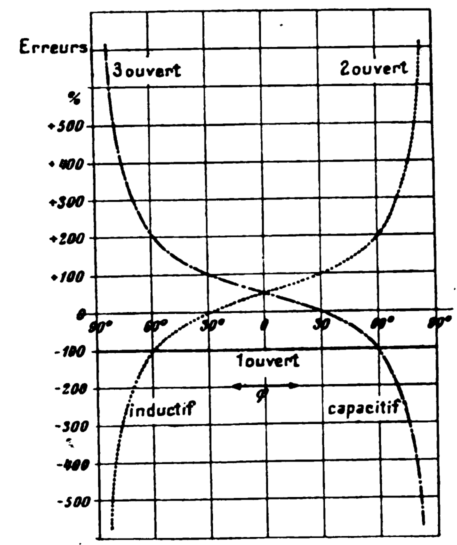


Fig. 5. — Erreurs du compteur dans les dispositions I et II lorsque l'on coupe différentes phases.

donne les erreurs du compteur en fonction du décalage dans les différents cas examinés.

d. Montage de la figure 6. — Le moteur est branché sur le

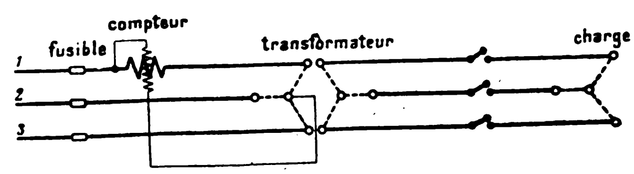


Fig. 6.

réseau par l'intermédiaire d'un transformateur. Le compteur est placé dans le circuit haute tension.

Voici les résultats obtenus par expériences sur un moteur tournant à vide ($\cos\varphi = 0{,}4$).

Phase 1 coupée : $F = +\ 9$ pour 100 ;
Phase 2 coupée : $F = -24$ —
Phase 3 coupée : $F = -51$ —

Disposition II. — Enroulement gros fil dans une phase (1), bobine dérivation entre cette phase et une autre (fig. 7).

La tension doit être choisie de façon que, pour une charge

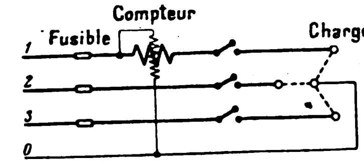


Fig. 1.

non inductive, elle soit décalée de 30° sur le courant. Le compteur est construit de façon que le flux produit par la bobine dérivée soit décalé de 60° sur la tension,

Les engrenages sont calculés pour que le compteur indique $\sqrt{3}$ fois l'énergie mesurée

$$A = \sqrt{3}E_{1\text{-}3}I_1 \cos\varphi = W.$$

On peut facilement voir que tout se passera comme dans le cas *c* de la disposition I, et l'on aura :

Phase 1 coupée : $F = -100$ pour 100;
Phase 2 coupée : $F = (50 - 86,6 \operatorname{tg} \varphi)$ pour 100;
Phase 3 coupée : $F = (50 + 86,6 \operatorname{tg} \varphi)$ pour 100.

Disposition III. — Deux bobines gros fils chacune dans une phase et une bobine fil fin entre ces deux phases (fig. 8).

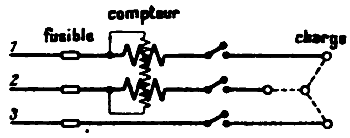


Fig. 8.

Le flux engendré par la bobine dérivée est décalé de 90°

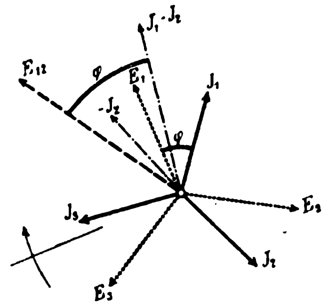


Fig. 9.

sur la tension. Les bobines série sont construites de façon que le flux produit soit proportionnel à la différence $I_1 - I_2$

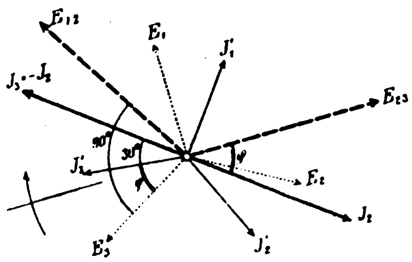


Fig. 10.

(voy. fig. 9). Pour les phases équilibrées nous aurons le diagramme de la figure 9.

Les lectures du compteur seront proportionnelles au travail du réseau

$$A = E_{1-2}(I_1 - I_2) \cos \varphi = W.$$

1° Si la phase 1 est coupée (voy. diagramme 10), on a :

$$A = E_{1-2}(-I_2) \cos (60° - \varphi),$$

$$= \frac{1}{2} E_{1-2}(-I_2) \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} E_{1-2}(-I_2) \sin \varphi,$$

$$W = E_{2-3} I_2 \cos \varphi,$$

or

$$E_{2-3} = E_{1-2},$$

$$F = \frac{A - W}{W} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \operatorname{tg} \varphi,$$

$$= (-50 + 86,6 \operatorname{tg} \varphi) \text{ pour } 100.$$

2° La phase 2 est coupée :

La marche des calculs est la même et l'on trouvera :

$$F = -(50 + 86,6 \operatorname{tg} \varphi) \text{ pour } 100.$$

La phase 3 est coupée :

$$A = E_{1-2}(I_1 - I_2) \cos \varphi,$$

$$= 2 E_{1-2} I_1 \cos \varphi, \quad \text{car} \quad -I_2 = +I.$$

$$W = E_{1-2} I_1 \cos \varphi,$$

$$F = 100 \text{ pour } 100.$$

Le compteur donne alors des valeurs double de l'énergie réellement absorbée dans le réseau.

La figure 11 montre les indications du compteur ainsi que

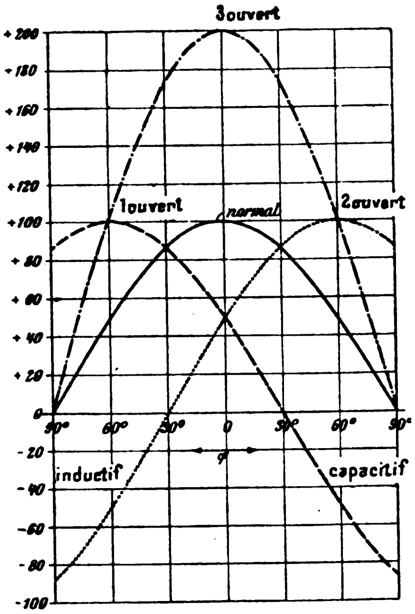


Fig. 11. — Indications du compteur dans la disposition III, lorsque l'on coupe différentes phases.

l'énergie réelle prise par le réseau. On suppose que, pour $\cos \varphi = 1$, l'énergie réelle est de 100. La figure 12 donne les erreurs.

Si les différentes phases ne sont pas entièrement coupées,

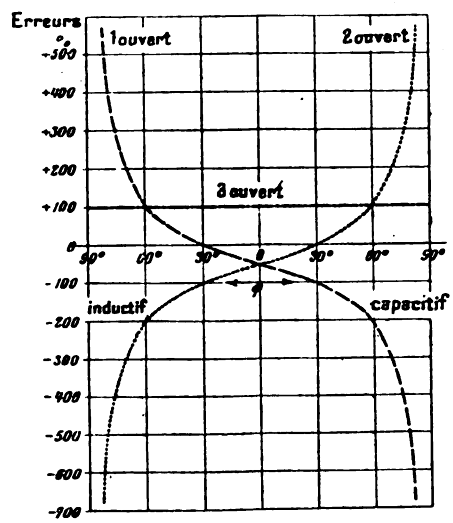


Fig. 12. — Erreurs du compteur dans la disposition III, lorsque l'on coupe différentes phases.

mais que les courants soient seulement différents les uns des autres, les erreurs seront naturellement moins grandes. Disons pourtant que, même avec de bons moteurs, les divers courants peuvent différer de 20 pour 100 et que des erreurs du même ordre apparaissent alors. (*E. T. Z.*, 16 janvier 1913.)

F. H.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure.

73572. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 518. 25 Juillet 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Sur l'extinction de l'arc dans les parafoudres à cornes. — L'acier électrique. — Emploi du fer électrolytique dans la construction des machines électriques. — L'élévation de température des pièces de machines. — Fil de protection contre la foudre pour les lignes aériennes 319

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Amiens. Cette. Cholet. Charlieu. Moutiers. Nevers. Saint-Sornin-Leulac. . 322

Sur quelques perfectionnements aux instruments de mesure. **H. M.** 323

Moteurs asynchrones a plusieurs vitesses. **P. N.** 326

Académie des sciences. — *Séance du* 28 *avril* 1913 : Application des galvanomètres à cadre extra-sensibles aux relevés géodésiques de haute précision, par **M. Albert Turpain.** — Sur l'absorption du néon par les électrodes des tubes luminescents, par **M. Georges Claude** 331

Séance du 5 *mai* 1913 : Force électromotrice produite par l'écoulement des solutions d'électrolytes dans les tubes capillaires, par **M. Louis Riéty.** — Orages magnétiques et phénomènes d'hystérésis, par **M. J. Bosler** 332

Séance du 12 *mai* 1913 : Simplification des raies spectrales par le champ magnétique, par **M. R. Fortrat.** — Sur les phénomènes optiques présentés par les rayons de Röntgen rencontrant des milieux cristallins, par **MM. de Broglie et Lindeman** 332

Séance du 19 *mai* 1913 : Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus, par **M. C. Tissot** 334

Société internationale des électriciens 335

Jurisprudence. — Indemnité de retard appliquée au concessionnaire qui abandonne sa concesssion. **P. Bougault.** . 335

Revue de la Presse. — *Électrothermie* : Les fours électriques en Angleterre. — Les pertes de chaleur dans les fours électriques. — *Magnétisme* : Action magnétique des corps animés d'un mouvement de rotation. — Influence de la température sur les pertes par hystérésis dans les tôles de fer. — Relations entre la perméabilité et l'effet Joule. — *Mesures* : Fréquencemètre enregistreur. — Étude oscillographique de l'arc chantant. — *Moteurs électriques* : Moteur synchrone à champ tournant sans excitation continue. — *Télégraphie* : Signaux télégraphiques par courants alternatifs. — Sur l'action amortissante de la terre sur les oscillations de l'antenne 338

INFORMATIONS

Sur l'extinction de l'arc dans les parafoudres à cornes. — On admet généralement que l'arc, qui se forme à la suite d'une étincelle entre les deux électrodes d'un parafoudre à cornes, remonte le long de ces dernières, sous l'action du courant d'air, dirigé de bas en haut, qui est dû au dégagement de chaleur, cet arc est forcé de s'allonger et se coupe bientôt. M. H. Greinacher, de Zurich, qui a procédé à des essais sur les arcs qui se déplacent et publié les résultats de ces essais dans le *Bulletin de l'Association Suisse des électriciens*, mai

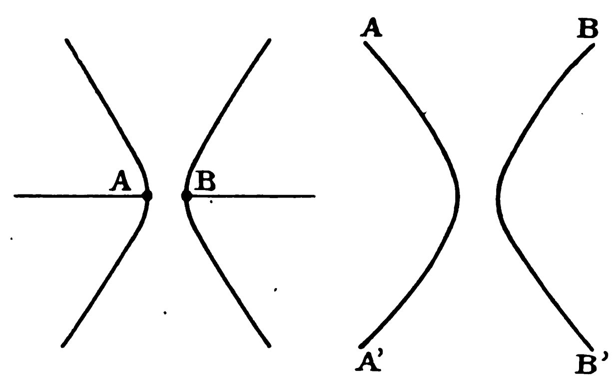


Fig. 1. Fig. 2.

1913, a constaté que l'effet du courant d'air est absolument négligeable; c'est une action électromagnétique qui provoque le déplacement de l'arc.

Les champs magnétiques créés par le courant qui circule dans les cornes repoussent l'arc, qui n'est autre chose qu'un conducteur électrique très mobile, le long de celles-ci. L'action s'exerce toujours dans le sens de l'allongement de l'arc, quel que soit le sens du courant, de sorte que l'effet des cornes est le même pour du courant alternatif que pour du courant continu.

L'examen du phénomène le montre du reste bien, car il se produit avec beaucoup plus d'énergie vers les cornes qu'au milieu; il semble que le trait lumineux monte le long des cornes aux deux extrémités, tandis que le milieu reste en retard; ce qui confirme bien la théorie, les actions étant plus énergiques à proximité des cornes.

Une autre preuve que le phénomène est dû à des actions électromagnétiques et que l'arc se déplace vers l'extrémité des cornes, est qu'elle se produit quelle que soit la position de celles-ci. M. Greinacher a constaté au moyen d'un miroir tournant que le phénomène se produit avec la même rapidité, que les cornes soient dirigées vers le haut ou vers le bas, de sorte que l'on peut en conclure que l'action du courant d'air est négligeable.

En utilisant un inducteur ayant 10 à 15 centimètres de longueur d'étincelles, M. Greinacher a constaté qu'en disposant symétriquement 2 paires de cornes, l'une dirigée vers le haut, l'autre vers le bas, comme l'indique la figure 1, l'arc qui suit une étincelle éclatant entre A et B, se dirige indifféremment vers le haut ou vers le bas. La direction du déplacement ne dépend que de ce que l'étincelle n'éclate pas toujours à la même place, qu'elle se produit tantôt un peu au-dessus, tantôt un peu au-dessous de A B.

L'emploi du dispositif de la figure 2 est particulièrement instructif, si l'on amène le courant en A et qu'on le fasse partir en B' (ou inversement si on l'amène en B et qu'on le fasse partir en A'), l'arc ne se déplace plus, il reste immobile à l'endroit le plus étroit. Si les conducteurs sont respectivement reliés à A et B, l'arc se déplace vers le bas; s'ils sont reliés à A' et B', l'arc se déplace vers le haut.

L'acier électrique. — Dans l'analyse de l'ouvrage de M. Pinot, sur l'état actuel de l'industrie des forces hydro-électriques, que M. H.-L. Bernardin publie dans *la Houille blanche*, se trouvent les renseignements suivants :

L'acier électrique est de qualité supérieure, il possède une densité remarquable, il est très homogène et très tenace. On peut avec le four électrique, faire varier sa composition et y doser exactement toute proportion d'éléments étrangers.

On obtient maintenant au four électrique toute la gamme les produits et demi-produits : aciers fins et demi-fins, de toutes nuances, pièces pour automobiles et chemins de fer, éléments de canons et projectiles pour la marine et l'armée, aciers à coupe rapide, etc.

La tension exigée dans les fours à acier est généralement assez faible, elle est de 60 v dans les fours Girod; de 110 v, soit 55 v par électrode dans le four Héroult. Quant au courant, il est, du moins dans les fours actuellement employés, généralement alternatif et le plus souvent monophasé. Le poids de la charge d'un four varie ordinairement de 2,5 à 5 tonnes. Exceptionnellement 2 fours Girod à Ugine sont de 12 tonnes. Les deux fours Héroult du Steel Trust sont de 15 tonnes, ils peuvent produire 200 tonnes d'acier par vingt-quatre heures; on envisage l'installation d'un four Héroult de 25 tonnes à l'usine de Brückhausen.

La puissance nécessaire au fonctionnement des fours varie de 400 à 800 kw; pour les fours de 15 tonnes, elle est de 1500 kw. Le four électrique est chargé, soit avec de l'acier (Martin, Thomas ou Bessemer), soit avec de la ferraille ou des riblons. Dans le premier cas, c'est une charge liquide, et l'opération est un simple affinage; dans le second cas, c'est une charge solide qu'il faut fondre. On ajoute au cours de l'opération, soit du minerai qui intervient comme oxydant durant la période de déphosphorisation, soit de la fonte ou autres carburants, et enfin diverses additions suivant le produit qu'on se propose d'obtenir.

La consommation d'énergie est faible (100 à 150 kw par tonne) quand il s'agit d'un affinage d'acier liquide, et les procédés peuvent s'appliquer même quand l'énergie électrique n'est pas à un prix très bas, ce qui est le cas à peu près général dans les districts où l'on fait de la grosse production. Il est donc à prévoir que, loin de se limiter à la production d'aciers à outils ou analogues, le four électrique fera bientôt partie de l'outillage de la grande métallurgie et permettra de produire avec une faible surcharge de prix, des aciers de la meilleure qualité, en partant de matières premières communes. Cette solution, due à l'initiative de la Société de Froges (procédés Héroult), est vraisemblablement appelée dans un avenir prochain à provoquer des changements dans la métallurgie. Il y a déjà en Amérique 5000 à 6000 tonnes de rails fabriqués au four électrique à South-Chicago.

Le tableau suivant donne quelques renseignements.

LOCALITÉS.	SOCIÉTÉS.	NOMBRE ET NOMS DES FOURS.	PUISSANCE EN CHEVAUX.
La Praz (Isère) . . .	Société Élect. Métal. de Froges	1 Héroult.	500
Allevard (Isère) . .	Société des Forges d'Allevard .	8 Chaplet.	4 500
Unieux (Loire) . . .	Usines Holtzer	2 Keller.	1 500
St-Juéry (Tarn). .	Société du Saut-du-Tarn . . .	1 Héroult.	700
Montluçon (Allier) .	Forges de Chatillon.	1 Kjellin.	500
Trignac (Loire inf.).	Usines métallurgiques de la Basse Loire.	1 Héroult.	800
Rive-de-Gier (Loire)	Marrel frères.	1 Girod.	800
Livet (Isère) . . .	Keller-Leleux.	3 Keller.	900
St-Chamond (Loire).	Marine et Homécourt.	1 Rochling.	400
Ugine (Savoie) . . .	Aciéries électr. P. Girod . . .	6 Girod.	7 000
Firminy (Loire) . .	Société des Forges de Firminy.	1 Firminy.	»
Le Creusot. . . .	Schneider et Cie	1 Schneider	»
	Totaux.	27	17 400

Quant aux usines étrangères fabriquant de l'acier électrique, elles étaient, en 1910, au nombre de 59, et possédaient 90 fours, ce qui, en ajoutant la France, donne pour le total des usines et des fours existant dans le monde le tableau suivant :

Pays.	Nombre d'usines.	Nombre de fours.
Allemagne.	16	36
France	12	27
Italie	4	12
Autriche-Hongrie.	9	10
États-Unis.	8	10
Angleterre.	5	7
Suède.	3	4
Belgique.	3	3
Mexique.	2	3
Canada	1	3
Norwège.	2	2
Russie.	2	2
Suisse.	2	2
Espagne.	1	1
Brésil	1	1
Totaux	71	117

Ces 117 fours appartiennent à 16 systèmes différents, mais la plupart de ces systèmes, une dizaine environ, ne sont représentés que par un ou deux exemplaires, et 96 fours soit la presque totalité, appartiennent aux systèmes indiqués ci-après :

NOM DES FOURS.	NOMBRE DE FOURS FONCTIONNANT EN FRANCE.	À L'ÉTRANGER.		TOTAL.
Français :				
Héroult	3	27		30
Girod	7	10	38	17
Keller.	5	1		6
Chaplet	8	»		8
Étranger :				
Röchling.	1	14		15
Kjellen	1	16	45	17
Stassano.	1	31		15
Divers.	2	9		11
Totaux	27	90		117

Ce tableau montre qu'il n'existe en France que trois fours étrangers, alors que sur les 81 fours de marques connues employés à l'étranger, il y en a 38, soit 47 pour 100 qui sont de construction française. Pour ne citer que quelques exemples, Cockerell a un four Girod, de 5 tonnes, Krupp un four Girod de 12,5 tonnes. Aux États-Unis, la licence exclusive des fours Héroult a été récemment acquise par le trust de l'acier, à la suite d'expériences concluantes, poursuivies pendant deux ans à Worcester et à Chicago.

Quant à la production dans les divers pays, elle est indiquée dans le tableau suivant :

Pays.	1908. tonnes.	1909. tonnes.	1910. tonnes.
France	2 289	6 456	11 759
Allemagne	19 536	17 773	36 188
Autriche-Hongrie	4 533	9 048	20 028
États-Unis	6 212	13 962	52 141
Totaux	32 570	47 039	120 116

Comme le dit *la Houille blanche*, la simple lecture de ces chiffres semblerait indiquer que la France, très en avance au point de vue de l'application des procédés, s'est laissée distancer au point de vue de leur utilisation Mais il faut distinguer (ce que ne fait malheureusement pas la statistique) entre l'acier qui est produit entièrement au four électrique et celui qui n'y passe que quelques heures, pour y être simplement affiné. Avec cette capitale distinction, l'avance des étrangers n'existe plus, et la France reste la première au point de vue de l'acier produit intégralement au four électrique. F. L.

Emploi du fer électrolytique dans la construction des machines électriques. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 12 et 19 juin.) — M. Max Breslauer a étudié dans de nombreux exemples de calcul de moteurs asynchrones, de transformateurs, de machines à courant continu, les avantages de l'emploi de fer obtenu électrolytiquement tant au point de vue du poids qu'à celui du prix de revient.

Les ateliers Langbein et Pfannhauser de Leipzig fabriquent d'après le procédé du professeur Franz Fischer, du fer électrolytique qu'ils lancent sur le marché; le fer est soit en pièces massives, soit sous forme de tôles minces.

Le fer électrolytique présente de grands avantages au point de vue magnétique sur les fers utilisés jusqu'ici dans la construction des machines, surtout au point de vue de la perméabilité.

Les pertes par hystérésis sont très faibles, dans le fer électrolytique; pour la fréquence 50 et $\mathcal{B} = 10\,000$ gauss, elles sont de 0,9 w par kg et pour $\mathcal{B} = 15\,000$, de 2,88 w par kg; elles sont à peu près proportionnelles à $\mathcal{B}^2$ de sorte qu'elles peuvent, pour la fréquence 50, être mises sous la forme :

$$p = 0{,}98 . 10^{-8} \mathcal{B}^2 \text{ watts par kg.}$$

Comme le fer électrolytique a une conductibilité électrique plus grande que le fer ordinaire, à épaisseur de tôle égale, les pertes par courants de Foucault y sont plus grandes; mais par contre on peut facilement obtenir des tôles très minces et ne pas perdre beaucoup de place pour leur isolement, car elles sont compressibles, non ondulées et n'ont pas une surface rugueuse oxydée; par exemple dans le cas de tôles de 0,25 mm d'épaisseur, le rapport du volume du fer à celui de l'isolant est de plus de 85 pour 100.

On peut employer dans la construction des dynamos, des tôles électrolytiques de 0,25 mm d'épaisseur pour lesquelles à 70°, pour la fréquence 50 et une induction de 10 000 les pertes totales sont de 1,66 w par kg (chiffre de perte du règlement allemand), au lieu de tôles ordinaires de 0,5 mm d'épaisseur dans lesquelles dans les mêmes conditions, les pertes sont de 2,8 w par kg; dans les transformateurs on peut employer des tôles de fer électrolytique de 0,25 mm d'épaisseur avec chiffres de pertes de 1,23 w par kg, au lieu de tôles spéciales, dites à alliage, de 0,4 mm d'épaisseur qui ont un chiffre de perte de 1,45 w par kg.

Le plus grand avantage du fer électrolytique est sa grande perméabilité par rapport au fer ordinaire et au fer spécial employé dans la construction des transformateurs, ainsi que le montre le tableau suivant donnant les ampère-tours par centimètre de lignes de force dans le fer pour diverses inductions pour le fer électrolytique, le fer ordinaire et le fer spécial.

Induction.	Fer électrolytique.	Fer ordinaire.	Fer spécial.
7 000	0,4	2—4	2
10 000	0,7	5—6	5,5
15 000	4,0	24—31,5	32,5
18 000	72	146—180	260

Le fer électrolytique a donc une perméabilité extraordinairement plus grande que les autres qualités de fer pour les faibles inductions, et une perméabilité de plus du double pour les fortes inductions.

Dans ses calculs M. Max Breslauer admet que le fer électrolytique vaut 1,25 fr le kg, et la tôle spéciale pour transformateur 0,81 fr le kg.

Dans le cas d'un moteur d'induction, de 230 mm de diamètre extérieur et de 100 mm d'épaisseur, on a pour la même élévation de température :

	Fer électrolytique.	Tôle ordinaire.
Puissance en kg	3,5	2,5
Poids du fer, en kg	20	21
Poids du cuivre, en kg	8	7,2
Rendement, en centièmes	83	78,5
Rapport du courant à vide, au courant de charge	0,45	0,48

Dans le cas d'un transformateur de 30 kw pour la fréquence 50, avec pertes dans le cuivre égales à 87 pour 100 de celles du fer, en admettant une surface de refroidissement de 7 w par dcm², on a

	Fer électrolytique.	Tôles spéciales.
Induction	13 000	9000
Poids du fer, en kg	154	243
Poids du cuivre, en kg	51,5	82
Prix de revient, en fr.	514	653

Dans les transformateurs à refroidissement artificiel, comme on n'est plus limité par la surface de refroidissement, on a un avantage encore plus grand en employant des tôles de fer électrolytique, car on n'est limité que par la perméabilité.

Dans le cas de surcharge des transformateurs construits avec du fer électrolytique, les pertes diminuent, car le coefficient de température est de 50 pour 100 plus élevé que celui des tôles spéciales.

On ne peut obtenir de grands avantages dans les induits des dynamos à courant continu, en employant du fer électrolytique, car les dents travaillent, avec du fer ordinaire, à une induction égale à 22 000, qui ne doit pas être dépassée dans le fer pur électrolytique.

On peut obtenir cependant une diminution du poids des inducteurs, moins dans les pôles, qui sont actuellement très saturés, que dans les culasses qui pour le même nombre d'ampères-tours peuvent avoir une induction de 17 000 au au lieu de 13 000.

M. Max Breslauer a calculé une machine à courant continu de 300 kw, à la vitesse angulaire de 375 tours par minute, et a trouvé un poids de 1780 kg pour des inducteurs en acier coulé et de 400 kg moindre quand ils sont en fer électrolytique.

Le nouveau matériel jouera certainement un grand rôle dans la construction des pôles de commutateur, car beaucoup des inconvénients de ceux-ci proviennent de leur mauvaise conductance et de la dispersion qui en est le résultat dans le cas de surcharge. F. L.

L'élévation de température des pièces de machines. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 5 juin.) — La commission de la Société électrotechnique allemande qui s'occupe des règles pour la réception des machines, vient de fixer les valeurs de la température maximum admissible dans les diverses pièces de machines, la température ambiante étant supposée ne pas dépasser 35 degrés.

	Élévation maximum de tempér. en degrés.	Tempér. maximum admissible en degrés.
a. *Dans les enroulements, etc.* :		
Des inducteurs fixes des machines dynamos à courant continu, isolés au moyen de :		
Coton non imprégné.	50	85
Coton ou de papier imprégné.	60	95
Amiante, de mica et de leurs composés.	80	115
Des transformateurs au moyen de :		
Coton non imprégué dans l'air	50	85
Coton ou papier imprégné dans l'air . .	60	95
Coton, papier dans l'huile	70	105
Amiante, mica et leurs composés	80	115
Huile, à sa surface	60	95
Des enroulements des parties tournantes, placés dans les rainures des alternateurs isolés au moyen de :		
Coton non imprégné.	40	75
Coton imprégné	50	85
Coton et papier à l'intérieur des rainures.	60	95
Émail, amiante, mica et leurs composés.	80	115
b. *Dans les collecteurs de machines de plus de 10 v*	55	90
c. *Dans les collecteurs de machines jusqu'à et y compris 10 v*.	60	95
d. *Dans le fer des moteurs et générateurs dans lesquels sont disposés des enroulements et dans les bagues*, les mêmes valeurs qu'au paragraphe (a), suivant le genre d'isolation.	»	»
e. *Aux paliers*.	45	80

F. L.

Fil de protection contre la foudre pour les lignes aériennes. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 19 juin.) — A propos d'une discussion sur la protection des réseaux aériens contre la foudre, M. R. Fertsch, ingénieur en chef à Worms, cite les observations suivantes qu'il a faites lors de la construction d'une centrale interurbaine (*Ueberlandzentrale*).

Une ligne aérienne à haute tension de 20 km de long n'était pas encore reliée à la tour des départs; les fils devant servir aux liaisons se trouvaient à environ 8 cm des extrémités des conducteurs de la ligne aérienne.

La ligne aérienne pour triphasé 20 000 v est montée sur isolateurs dont l'un est placé au sommet du poteau et les deux autres à l'extrémité d'une traverse, de manière à se trouver aux angles d'un triangle équilatéral. Les conducteurs disposés à l'intérieur de la tour des départs étaient déjà munis de parafoudres à cornes avec résistance; la distance explosive de ces parafoudres n'était pas encore réglée définitivement, elle était d'environ 5 mm.

La ligne aérienne, avec poteaux métalliques, parcourt des plaines avec faibles différences de niveau.

Le jour où les observations ont été faites, le temps était extraordinairement lourd et menaçant, mais cependant il n'y a pas eu d'orage dans la partie du pays desservie par la ligne. Soudain le parafoudre de la tour correspondant au fil supérieur de la ligne entra en action et on constata que, toutes les 5 secondes environ, une forte étincelle se produisait entre le fil supérieur de la ligne et le conducteur de la tour qui ne lui était pas encore relié et se trouvait à une distance d'environ 8 cm. Il n'y avait aucune étincelle aux fils des deux phases disposés en dessous.

Ce fait montre que, dans une ligne aérienne, c'est le fil placé à la partie supérieure qui est le plus exposé aux décharges atmosphériques; c'est du reste ce que M. Fertsch a constaté dans plusieurs autres cas. Il est donc évident qu'un fil spécial, bien relié à la terre, placé au-dessus d'une ligne aérienne à haute tension constitue une protection très efficace contre les actions atmosphériques. F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Amiens (Somme.) — *Éclairage.* — Le conseil municipal a chargé une commission composée de MM. Antoine, Dufrénoy, Gontier, d'étudier le projet de transformation en société autonome de la Compagnie Générale d'Électricité.

Cette (Hérault). — *Éclairage.* — Le conseil municipal a traité avec la Compagnie l'Union des gaz pour l'éclairage et l'énergie électrique dans la ville de Cette, avec une concession de 40 années.

Cette Société était déjà concessionnaire de l'éclairage au gaz.

Charlieu (Loire). — *Concession nouvelle.* — Sur le rapport des commissions des finances et des travaux, le conseil municipal a chargé M. Faget de poursuivre avec la Compagnie électrique l'élaboration de la concession demandée par cette Compagnie dans le plus bref délai, et après avis du service compétent.

Cholet (M.-et-L.). — La municipalité a définitivement décidé de traiter avec la Société Nantaise pour la fourniture de l'éclairage électrique.

Mouthier (Doubs). — *Station centrale.* — Une Société anonyme est en formation pour l'aménagement et l'exploitation d'une usine hydro-électrique sur la rivière de la Loue, à Mouthier (Doubs) et la distribution d'énergie électrique dans la région. M. Gaudet et la Société l'Éclairage Électrique apportent à la nouvelle Société diverses concessions de distribution électrique dans les communes de Mouthier et d'Arhans. Le capital sera de 1 100 000 francs.

Nevers (Nièvre). — *Distribution d'énergie électrique.* — Sur une demande présentée par la Compagnie Continentale « Edison », en vue d'obtenir la concession d'une distribution d'énergie électrique s'étendant sur les territoires des départements de la Nièvre et du Cher, une enquête a été ouverte dans les communes du département de la Nièvre dont les noms suivent :

Communes où aucune concession antérieure n'existe :

Arzembouhy, Béard, Champlemy, Corvol-l'Orgueilleux, Coulanges, Courcelles, Druy, Garchizy, Giry, Guérigny, Imphy, Marcy, Oisy, Parigny, Poiseux, Saint-Andelain, Saint-Éloi, Saint-Léger-des-Vignes, Saint-Ouen, Sauvigny, Sichamps, Sougy, Tracy, Trucy-l'Orgueilleux, Urzy, Varenne-les-Nevers.

Communes où il existe déjà une concession d'éclairage par le gaz ou l'électricité :

Clamecy, Decize, Fourchambault, La Charité, Mesnes-sur-Loire, Nevers, Pouilly, Pougues-les-Eaux, Prémery, Varzy.

M. Nestor Massé, propriétaire à Varennes-les-Nevers, est nommé président de la Commission d'enquête.

Saint-Sornin-Leulac (Haute-Vienne). — *Éclairage.* — Le conseil a approuvé un traité avec la Compagnie du Centre-Ouest Electrique pour l'éclairage électrique des particuliers et du bourg.

SUR

QUELQUES PERFECTIONNEMENTS

AUX

INSTRUMENTS DE MESURE

Les conditions d'exploitation actuelles des grands réseaux de distribution électrique et le développement considérable de ceux-ci ont fait naître des exigences toutes spéciales pour ce qui concerne les appareils de mesure destinés aux tableaux des stations; autrefois il fallait surtout réaliser des appareils dont l'exactitude ne fût pas influencée par les variations de fréquence; aujourd'hui on doit davantage rechercher des dispositions échappant aux actions électrostatiques ou électromagnétiques étrangères, des instruments robustes, compacts, apériodiques, simples, exacts, etc., et dont la construction soit, en outre, aussi simple que possible.

Dans la mesure des courants alternatifs, l'un des plus grands progrès réalisés à ces divers points de vue, en ces dernières années, est l'établissement des instruments à induction ou de Ferrari.

Ces appareils se différencient nettement des instruments anciens — les instruments électromagnétiques à fer mobile et les électrodynamomètres à bobine mobile — en ce qu'ils sont munis d'un circuit magnétique complet; cette disposition permet d'obtenir des couples énergiques et d'employer des paliers robustes; elle les soustrait en outre à l'influence des champs magnétiques extérieurs.

Les instruments électromagnétiques sont exacts; ils sont à peu près insensibles aux variations de fréquence et de température, ils sont facilement réparés, mais le rapport du couple moteur au poids y est faible; ils sont souvent délicats et ils sont fortement influencés par les champs extérieurs.

Pour les mettre à l'abri des actions magnétiques, on doit les protéger par des écrans magnétiques épais, à défaut de quoi le fer serait rapidement saturé.

La faiblesse du couple moteur les rend très sensibles aux actions électrostatiques, qui déterminent, par exemple, des attractions entre l'index et la glace ou la boîte.

Ces actions se manifestent aussi bien pour le courant continu que pour le courant alternatif.

Quant aux erreurs de température, elles sont importantes, parce que les variations de température se produisant sur les tableaux sont souvent considérables.

Les appareils à induction échappent en grande partie à ces inconvénients; leur exactitude est bonne; le rapport du couple au poids est élevé; l'amplitude des déviations est grande et les échelles sont longues et bien lisibles; les champs extérieurs ne les influencent pas ou ne les influencent que faiblement.

L'instrument se compose habituellement d'un tambour en aluminium placé dans l'entrefer d'un électro-aimant dans les bobines duquel passent les courants à mesurer; dans le cas de l'ampèremètre, par exemple, il y a un enroulement inducteur primaire et un enroulement secondaire, court-circuité.

On peut considérer que les courants de l'équipage mobile qui réagissent sur le champ magnétique pour produire la rotation sont induits dans cet équipage par induction électromagnétique au lieu d'y être introduits conductivement, au moyen de conducteurs flexibles, comme cela a lieu dans les instruments électromagnétiques; l'ensemble se comporte ainsi qu'un moteur d'induction.

Les instruments de ce genre peuvent être considérés comme répondant bien aux besoins de la pratique; mais ils ne sont pas encore irréprochables; certains des griefs que l'on articule à leur charge sont parfois très sérieux.

Ainsi, ils ne sont indépendants de la fréquence qu'entre des limites relativement rapprochées; ils sont soumis à l'influence des variations de température; enfin ils ne fonctionnent régulièrement que pour le courant alternatif, de sorte qu'il n'est pas possible de procéder à leur vérification par comparaison directe sur le courant continu.

C'est ce dernier inconvénient qui est le plus marqué (les autres peuvent être corrigés plus ou moins) et l'on a été amené, à défaut de pouvoir le faire disparaître, à chercher la solution du problème dans une autre voie, en se tournant vers les électro-dynamomètres.

Électrodynamomètres. — Les instruments dynamométriques sont particulièrement avantageux en ce qu'ils conviennent également bien pour les courants alternatifs et pour les courants continus, de sorte qu'on peut les étalonner dans les meilleures conditions.

Seulement dans leur forme simple, ils sont eux-mêmes imparfaits; l'absence de fer ne permet d'y obtenir que des couples faibles, ce qui entraîne de nombreuses inaptitudes.

Ils sont exacts et ils sont à peu près indépendants des variations de fréquence et de température; mais ils sont délicats et difficiles à réparer; ils sont facilement influencés par les champs extérieurs, du moins lorsque ces champs sont de même fréquence que les courants auxquels ils sont soumis; ils doivent être protégés par des écrans magnétiques, la longueur de l'échelle y est courte.

Le but à atteindre était donc de réaliser un instrument qui combinât les propriétés des deux systèmes d'instruments, de l'électrodynamomètre et de l'instrument à induction, c'est-à-dire de munir l'électrodynamomètre d'un circuit magnétique approprié.

L'idée d'appliquer l'emploi du fer aux instruments dynamométriques n'est pas neuve.

Il y a une dizaine d'années déjà, l'électricien allemand M. Benischke songea à y recourir, mais dans le but de constituer pour l'instrument un écran magnétique qui le mît à l'abri des influences extérieures.

Cette idée fut mise en pratique et l'on construisit peu

dant quelque temps des appareils de ce genre, mais on les abandonna bientôt parce que les couples obtenus n'étaient pas en rapport avec le poids de l'instrument.

Un autre spécialiste, M. A. Lotz, améliora cependant le système peu de temps après en plaçant un fer à l'extérieur et à l'intérieur, de manière à constituer un circuit magnétique à peu près fermé; l'instrument qu'il réalisa était toutefois mal proportionné et son exactitude n'était pas suffisante.

C'est M. Sumpner, un Anglais, qui, dans la suite, s'occupa le plus activement de l'étude des dynamomètres à fer; M. Drysdale compléta ses travaux; en même temps

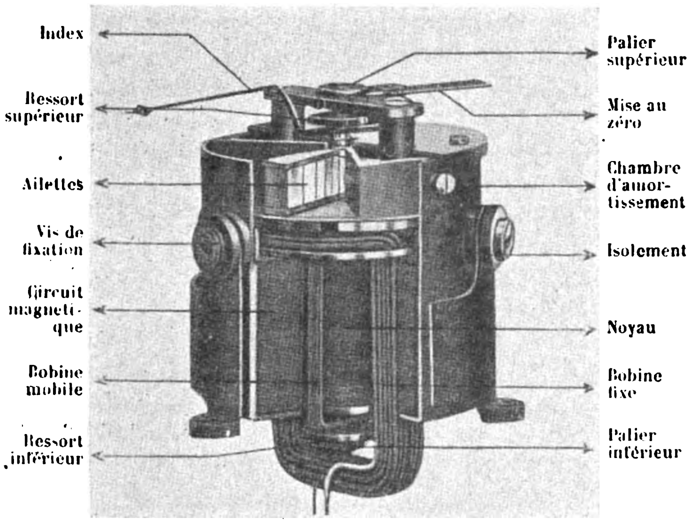


Fig. 1. — Électrodynamomètre à fer.

que ce dernier indiquait d'une façon définitive les principes à observer, les constructeurs allemands qui s'étaient occupés autrefois de l'appareil de M. Benischke mettaient au point un instrument qui répondait aux exigences.

Si l'on avait d'abord éprouvé certaines difficultés dans la réalisation pratique des instruments dont il s'agit, cela provenait principalement de ce qu'on ne possédait pas une compréhension suffisante des règles à suivre quant au dimensionnement des parties; ce point a une importance capitale, car c'est par le judicieux proportionnement des pièces que l'on doit mettre l'instrument à l'abri des erreurs résultant de la rémanence et de l'hystérésis.

Sans entrer dans l'examen mathématique de la question il est aisé de s'en rendre compte, d'une façon approximative du moins, avec les connaissances acquises aujourd'hui[1].

On peut comparer la force coercitive du fer à un certain nombre d'ampères-tours; cette conception est très avantageuse pour expliquer l'effet de la présence d'un entrefer dans le circuit magnétique.

[1] M. Dolivo-Dobrowolsky, Ueber Verwendung von Eisen in elektrischen Messinstrumenten. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 30 janvier 1913, p. 113.

Supposons que, pour produire, dans un noyau fermé, de 10 centimètres de longueur, une densité magnétique de 5000 gauss, il faille 10×2 ampères-tours par cm ou 20 ampères-tours.

La force coercitive est naturellement inférieure à la force magnétomotrice, puisque le magnétisme rémanent n'est jamais aussi fort que l'aimantation réelle obtenue.

Coupons maintenant le circuit par un entrefer tel que, pour atteindre le même magnétisme, il faille 200 ampères-tours.

Cela étant, la force magnétomotrice résiduelle ou force coercitive ne peut elle-même qu'être inférieure à 20 ampères-tours et, dès lors, le magnétisme rémanent doit nécessairement tomber à une valeur 10 fois moindre que celle constatée dans le premier cas.

En d'autres termes, on peut dire, d'une façon générale, que la rémanence relative du fer, en pour cent, ne peut jamais être supérieure au rapport entre les ampères-tours nécessaires pour produire l'aimantation du fer vis-à-vis des ampères-tours totaux

Quant à la question de l'influence de l'hystérésis, elle peut être envisagée de la manière suivante.

Le champ qui, dans les instruments dynamométriques à fer, agit sur l'équipage mobile, est décalé par rapport aux ampères-tours d'excitation, en vertu de l'hystérésis des courants de Foucault.

En effet, une bobine excitée par le courant alternatif est une source d'oscillations magnétiques qui se traduisent, dans la bobine même, par des volts-ampères en quadrature; s'il y a un noyau de fer, il se produit une perte dans le fer, et c'est cette perte qui a pour conséquence de décaler le champ; le décalage dépend du rapport entre la dépense d'énergie dans le fer, et l'énergie totale du champ.

Pour qu'il soit faible, il convient d'une part que le circuit magnétique soit court, dans la direction des lignes de force; que la bobine du courant principal occupe aussi peu de place que possible; qu'il n'y ait pas de lignes inutile, c'est-à-dire ne croisant pas la zone de mouvement de la bobine mobile; d'autre part, que le nombre d'ampères-tours soit grand, sans conduire à aucune aimantation excessive.

En d'autres termes, on doit travailler avec une forte excitation, mais l'entrefer doit être grand, la bobine excitatrice être aussi peu encombrante que possible, étant soumise au maximum de courant qu'elle peut supporter.

Le dynamomètre allemand à fer (fig. 1) se compose essentiellement d'une bobine mobile (fig. 2) se déplaçant, entre deux pivots à pierre, dans un entrefer formé entre le noyau central et la partie extérieure du circuit magnétique (fig. 1); sur cette bobine sont montées des palettes ondulées (fig. 2) qui amortissent les oscillations; ces palettes se déplacent dans une chambre à air et rendent le mouvement apériodique; deux segments (fig. 3) fixés au couvercle du système électromagnétique, qui constitue le fond de la chambre à air, partagent celle-ci en deux com-

partiments; la bobine fixe (fig. 4) est logée à l'intérieur du fer et elle est tenue entre ce dernier et le couvercle; tout le circuit magnétique (fig. 5 et 6) est feuilleté; le

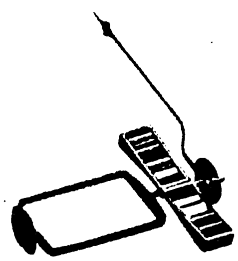






Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

socle sert de support pour tout le système (fig. 7); l'iso-





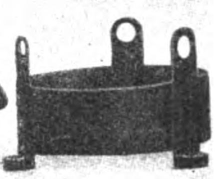


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

lement entre le boîtier et l'enroulement est établi pour pouvoir supporter une tension de 2000 volts.

L'appareil peut être employé comme ampèremètre, comme voltmètre ou comme wattmètre.

Les caractéristiques comme wattmètre sont les suivantes :

Couple moteur, en g-cm	0,8
Poids du système mobile, (y compris les spirales de rappel, l'amortisseur, etc.), en g	4
Rapport du couple au poids du système	0,2
Puissance absorbée par la bobine d'intensité, en w.	2,4
Puissance absorbée par la bobine de tension, en w.	0,015
Courant dans la bobine de tension, sous 100 v, en ampères	0,04
Coefficient de self-induction de l'équipage mobile	0,007
Rapport de la résistance de manganine à la résistance du cuivre, sous 100 v	75
Rapport de la résistance de manganine à la résistance du cuivre, sous 200 v	150

Ces caractéristiques correspondent à celles des meilleurs instruments, mais le couple moteur est de beaucoup supérieur à celui réalisé ordinairement.

L'électrodynamomètre peut être rendu insensible aux vibrations et établi avec des paliers à tourillons; en outre, il est complètement à l'abri des influences électromagnétiques extérieures.

Les modèles pratiques peuvent être conditionnés pour être montés sur le tableau ou pour y être encastré (fig. 8); le diamètre du boîtier est de 225 ou 350 mm; dans le modèle encastré, le diamètre de la partie logée dans le tableau a 90 mm; on construit aussi des appareils à cadran transparent, éclairé électriquement (fig. 9 et 10).

Quant au degré d'exactitude de l'instrument, on peut s'en faire une idée en envoyant dans les deux enroulements des courants décalés l'un sur l'autre de 90° exactement; dans un instrument absolument exact et ne présentant aucune erreur de décalage, la déviation de l'équipage doit être nulle; dans le ferro-dynamomètre décrit ci-dessus, elle est en réalité de 0,3 pour 100 de l'échelle, lorsque les bobines supportent les courants maxima pour lesquels elles sont établies; il n'est donc pas nécessaire d'employer un dispositif de compensation quelconque.

Les principes indiqués s'appliquent parfaitement aussi à la réalisation d'appareils enregistreurs; pour un wattmètre enregistreur de ce type développant un couple moteur de 30 g-cm, le courant absorbé dans la bobine de tension est de 0,1 ampère et l'erreur de décalage de 0,5 pour 100 [1].

Mégohmmètre. — Dans un autre ordre d'idées nous signalerons un nouvel appareil pour la mesure de très grandes résistances dû à MM. Chauvin et Arnoux.

Ce mégohmmètre très peu encombrant permet la lecture directe sur un cadran de résistances quelconques, pouvant aller jusqu'à 10000 mégohms, la tension de la source employée pour la mesure étant de 500 volts.

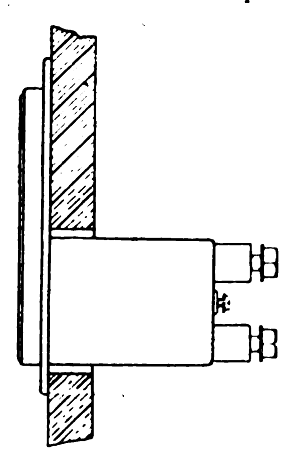


Fig. 8.

La boîte de mesure comprend :

1° Un galvanomètre à cadran et à suspension élastique très sensible, monté sur une plaque en ébonite, et pouvant être mis d'aplomb au moyen de vis calantes et d'un niveau à bulle d'air. Le cadre du galvanomètre est suspendu par l'intermédiaire d'un ressort le rendant insensible aux chocs. La tête du galvanomètre porte une grande molette en ébonite permettant de ramener l'aiguille au zéro; au-dessus, un chapeau fendu protège un bouton de réglage en hauteur du cadre. Enfin, la cheminée verticale est mobile autour de son axe et permet, par sa rotation, le calage

(1) M. Dolivo-Dobrowolsky, article cité.

du cadre; un petit bouton moleté permet d'assurer la fixité de sa position.

Le cadran du galvanomètre porte deux graduations : l'une en volts, l'autre en ohms.

2° Une table de mesure en ébonite, comportant 6 bornes et un commutateur.

Deux bornes marquées + et — se relient à la source;

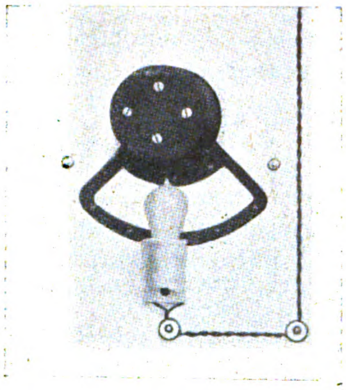


Fig. 9.

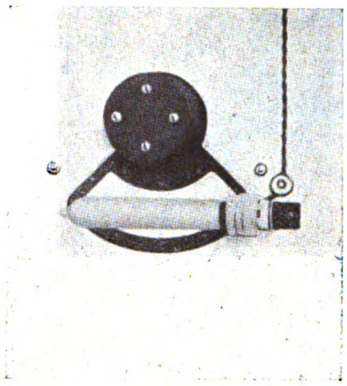


Fig. 10.

deux autres marquées G sont reliées au galvanomètre; enfin, les deux dernières marquées X se relient à la résistance à mesurer. Le commutateur unipolaire peut être

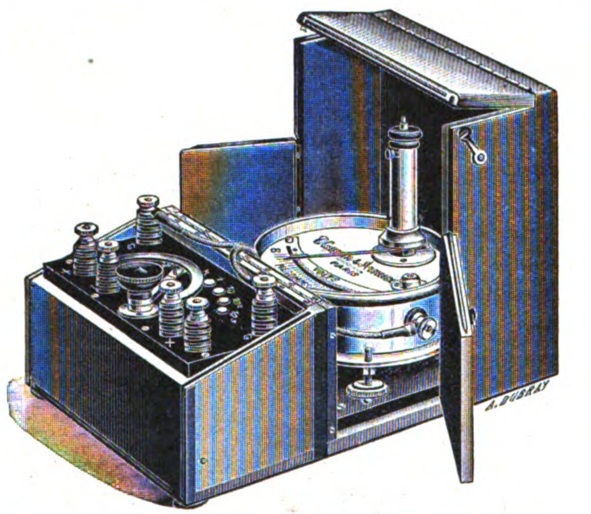


Fig. 11. — Vue d'ensemble du mégohmmètre Chauvin et Arnoux.

manœuvré à l'aide d'un bouton en ébonite. Il peut se déplacer sur 7 plots marqués de gauche à droite :

$$0 - V - R - 1 - 10 - 10^2 - 10^3$$

Lorsque le commutateur est placé sur V, la lecture s'effectue sur l'échelle en volts. Lorsqu'il est sur l'un quelconque des autres plots, la lecture s'effectue sur l'échelle en ohms. La sensibilité du galvanomètre est multipliée par 1; 10; 100; 1000, suivant le plot sur lequel est le doigt. En R, une résistance dont la valeur correspond à l'indication maximum en ohms, est introduite en série sur la sensibilité 1. Enfin, un ressort à boudin tend constamment à ramener le commutateur sur le plot 0.

La figure 11 donne une vue d'ensemble de l'appareil dont le poids n'excède pas 5 kg.

Le schéma ci-dessous (fig. 12) permet de se rendre compte du montage intérieur. Ainsi qu'il est facile de le voir, la manœuvre à faire pour la mesure d'une résistance d'isolement consiste à amener d'abord le commutateur sur la touche V et à régler le nombre d'éléments de la pile ou la vitesse de la magnéto jusqu'à faire marquer 100 v ou la valeur maximum indiquée sur le cadran à l'aiguille du galvanomètre qui fonctionne à ce moment en voltmètre. (Le courant de la pile entre par la borne G de gauche, sort par G à droite, traverse les résistances additionnelles, le commutateur par le plot V et revient à la pile). En poussant ensuite la manette sur R, la résistance X se trouve intercalée et on peut lire directement sa valeur sur le cadran. L'instrument opère par simple déviation. Comme il comporte un cadre mobile qui est

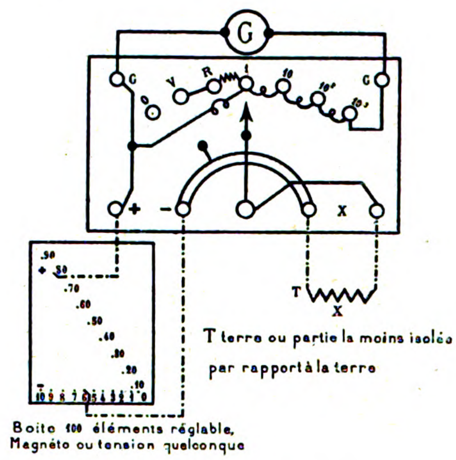


Fig. 12. — Schéma du montage.

insensible aux courants alternatifs, on peut l'utiliser pour mesurer l'isolement d'un circuit alternatif en charge.

HENRI MARCHAND.

MOTEURS ASYNCHRONES A PLUSIEURS VITESSES

L'application des moteurs d'induction à vitesse constante voisine du synchronisme a pris une extension considérable, grâce à la grande simplicité de construction et à la sécurité du fonctionnement de ces machines. Mais lorsque le service exige un réglage de la vitesse, ce genre de moteurs ne peut être employé qu'au détriment du rendement et de la sécurité de marche, à moins de

recourir aux moteurs spéciaux que nous allons décrire et dans lesquels l'obtention de plusieurs vitesses de régime résulte du changement du nombre des pôles.

Vers 1890 les ateliers de construction Oerlikon avaient construit des moteurs à deux vitesses qui, dans les deux états de fonctionnement normal, possédaient un bon rendement et un facteur de puissance très suffisant. L'emploi de deux enroulements distincts répartis dans les encoches du stator et, suivant les cas, dans celles du rotor, permit ensuite d'établir des moteurs d'induction à quatre vitesses, dans lesquels les caractéristiques électriques et magnétiques étaient favorables à toutes vitesses prévues, grâce à la disposition du bobinage en tambour. Enfin les ateliers Oerlikon parvinrent à établir un moteur à six degrés de vitesse, tout en n'employant que deux enroulements statoriques distincts, par commutation des pôles de six manières différentes [1].

Nous allons donner la description d'un moteur à cinq vitesses Oerlikon. Le stator porte trois enroulements distincts. Avec un courant d'alimentation de 42 périodes, on obtient, abstraction faite de quelques pour 100 de glissement, les vitesses de 210, 420, 630, 840 et 1260 tours par minute avec les nombres de pôles respectifs de 24, 12, 8, 6 et 4. Deux des enroulements statoriques peuvent être commutés chacun pour deux nombres de pôles différents, dans le rapport 1 : 2. Ils sont à cet effet composés de bobines élémentaires régulièrement réparties sur la périphérie, divisées en $6 . \frac{p}{2}$ groupes (p étant le nombre de pôles minimum), qui sont connectés en parallèle pour le nombre de pôles p et en série pour le nombre de pôles $2\,p$. Le troisième enroulement n'est prévu que pour un seul nombre de pôles. Les trois systèmes de bobines sont logés dans les mêmes encoches du stator : les bobines correspondantes à 12 et 24 pôles sont les plus rapprochées de l'entrefer, puis viennent les bobines pour 4 et 8 pôles, tandis que les bobines pour 6 pôles sont logées au fond des encoches. La puissance du moteur à la vitesse de 1260 tours : min., c'est-à-dire à 4 pôles, est de 17 kw sous une tension de 280 volts. La puissance décroit naturellement avec la vitesse : elle est encore de 4,5 kw quand le moteur marche avec 24 pôles. L'enroulement rotorique est à cage d'écureuil et composé de barres logées dans les encoches et réunies aux extrémités par des anneaux de court-circuit en laiton.

La commutation exige en tout 15 bornes, dont 6 pour chacun des deux enroulements à deux nombres de pôles et 3 pour l'enroulement à six pôles. Grâce à la disposition du combinateur dans le voisinage immédiat du moteur, on évite les désagréments que l'on pourrait redouter de ce grand nombre de bornes, au point de vue de la facilité d'inspection et de l'économie.

Ce moteur a permis de faire quelques essais sur une méthode de commutation de pôles, étudiée par les ateliers de construction Oerlikon, permettant de commuter un même enroulement de manière à obtenir à volonté trois nombres de pôles, dans le rapport 4 : 6 : 8 ou 6 : 8 : 12. A cet effet, l'enroulement destiné à donner 4, 6 et 8 pôles est divisé en $6 . \frac{p}{2}$ groupes de bobines élémentaires (p désignant le nombre de pôles minimum) et l'on réunit chaque commencement et chaque terminaison de groupe à une borne. On obtient de cette façon 24 bornes pour un enroulement à 4, 6 et 8 pôles. Pour 4 et 8 pôles, la distribution des bobines à la périphérie est symétrique tant par rapport aux pôles que par rapport aux phases; par contre pour 6 pôles, les bobines élémentaires sont distribuées irrégulièrement : sur l'espace d'un premier pôle, la phase I comprend deux bobines en série, les phases II et III une seule bobine chacune; au pôle suivant c'est la phase II qui comporte deux bobines, les phases I et III n'en ayant chacune qu'une seule. Au total chaque phase est composée d'un même nombre de bobines.

La subdivision des bobines de l'enroulement pour 12, 16 et 24 pôles est analogue à celle de l'enroulement pour 4, 6 et 8 pôles; on a, en tout, 36 bobines avec 72 terminaisons. La disposition des phases étant exactement la même sur les deux moitiés du moteur, les bobines peuvent être mises en série, deux par deux, de façon permanente, de sorte que toutes les commutations nécessaires peuvent se faire avec 36 terminaisons seulement. On peut, en outre épargner 12 terminaisons aussi

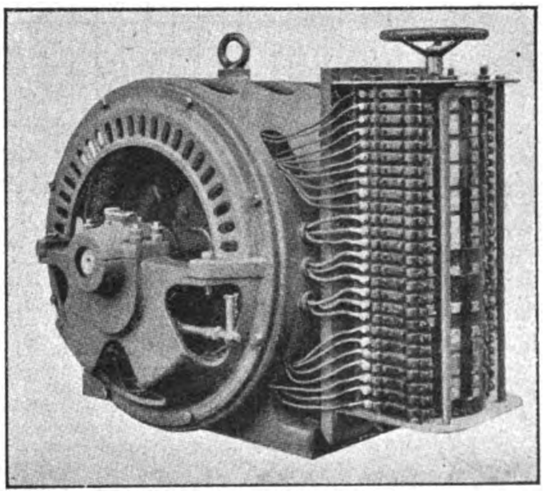


Fig. 1. — Moteur triphasé à 5 vitesses, 250 volts.

bien pour l'enroulement à 4, 6 et 8 pôles que pour l'enroulement à 12, 16 et 24 pôles, en remarquant que, chaque bobine restant ouverte aux extrémités, on peut prendre des bornes communes à douze de ces extrémités. Afin de pouvoir, dans un ordre quelconque, obtenir tous les degrés de vitesse prévus, on disposera donc de 48 bornes. Il est évident que la construction la plus économique est de placer le combinateur directement contre le moteur; les connexions se font ainsi plus facilement, sont plus

[1] Ateliers de construction Oerlikon. Communication périodique n° 55, avril 1900.

faciles à inspecter et moins coûteuses. Les pertes au démarrage sont également réduites de ce fait.

Le commutateur de pôles est simple de disposition, surtout si la succession des degrés de vitesse se fait dans l'ordre naturel, ce qui est généralement le cas. Les plots de contact sont rangés sur le cylindre du combinateur de façon à éviter tout croisement des fils de connexion au-dessous des diverses surfaces de contact. On exclut ainsi toute possibilité de court-circuit entre ces fils de connexion. Les touches de c ntact sont au nombre de 51, dont 3 pour l'arrivée du courant et 48 pour la commutation des pôles du moteur. A chaque manœuvre de commutation, l'interruption du courant se fait toujours aux mêmes touches de contact, lesquelles, au nombre de deux ou trois, sont pourvues de pièces auxiliaires de contact aisément interchangeables. Les brûlures des pièces de contact ne sont donc pas à redouter.

La figure 1 montre la disposition d'un moteur d'essai. L'exécution définitive est plus économique et mieux appropriée encore par suite du montage du commutateur de pôles horizontalement sur le moteur.

La figure 2 représente divers diagrammes d'essais : elle est relative à un moteur à six vitesses avec deux enroulements, 280 volts, 50 périodes. Ces diagrammes montrent qu'il n'y a qu'une bien faible différence entre les caractéristiques de ces moteurs et les valeurs correspondantes d'un moteur à une seule vitesse, évidemment rapportées au même nombre de pôles et à la même puissance.

Il est utile de savoir comment le moteur se comporte au démarrage, et notamment de connaître la caractéristique du couple et celle de l'intensité du courant absorbé, en supposant que l'on démarre avec la pleine tension du réseau. Le tableau ci-dessous donne, pour les différents nombres de pôles, le rapport entre l'intensité normale du courant et l'intensité du courant de court-circuit qui se

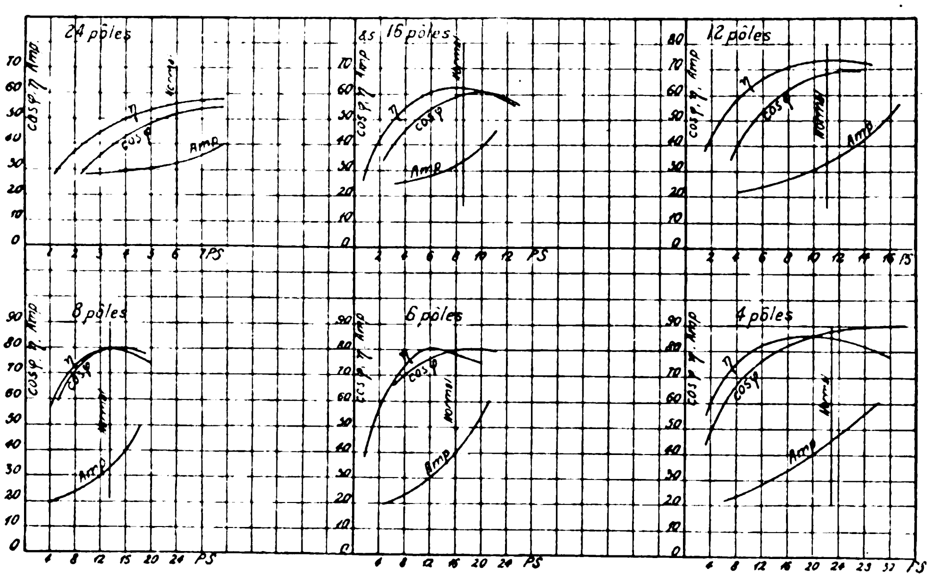


Fig. 2. — Caractéristiques du moteur triphasé à six vitesses pour 280 volts et 42 p : s.

produit au démarrage, ainsi que le rapport entre le couple normal et le couple de démarrage.

Nombre des pôles.	Rapport de l'intensité normale à l'intensité de démarrage (court-circuit).	Rapport du couple normal au couple de démarrage.
24	1 : 2	1 : 1,87
16	2,51	1,51
12	3	1,46
8	4,3	1,45
6	5,5	1,83
4	8,88	1,455

On voit que le moteur à 24 pôles développe au démarrage un couple égal à 1,87 fois le couple normal pour la vitesse correspondante, tout en n'absorbant que le double du courant normal correspondant. En commutant sur un nombre de pôles moins élevé, c'est-à-dire en passant à une vitesse plus grande, l'intensité croît, d'après l'expérience, jusqu'à 50 et 65 pour 100 environ de l'intensité du courant de court-circuit correspondant à ce nombre de pôles, ce qui, dans le cas le plus défavorable, d'après le tableau ci-dessus, pourra donner un courant égal à 4,5 fois le courant normal. Dans le cas où le moteur devrait démarrer directement avec la plus grande vitesse, soit, dans l'exemple choisi, comme moteur à 4 pôles, l'intensité du courant de démarrage atteindrait naturellement sa valeur maxima, soit 8,8 fois environ la valeur normale, tout en ne développant qu'un couple de démarrage égal à 1,45 fois le couple normal correspondant à cette vitesse. Si, au contraire, on démarre sur le premier degré de vitesse et que l'on passe régulièrement d'une vitesse à la suivante, ce mode de réglage réagit sur le réseau d'une manière beaucoup moins défavorable que le démarrage des moteurs à cage d'écureuil ordinaires, non munis de dispositif spécial de mise en marche. L'arrêt ou la réduction partielle de la vitesse s'obtient par la manœuvre inverse, c'est-à-dire par la commutation sur un nombre de pôles supérieur. Le moteur agit alors comme géné-

rateur sur le réseau tant que la vitesse du moteur est supérieure à la vitesse de synchronisme correspondant au nombre de pôles sur lequel on a commuté. Cette réaction sera d'autant moins sensible et durera d'autant moins longtemps, que les degrés de vitesse seront plus nombreux et plus rapprochés l'un de l'autre.

Dans la construction des moteurs à six vitesses, le choix du pas d'enroulement est d'une importance primordiale, car on sait qu'il peut être plus favorable pour un nombre de pôles et très défavorable pour les autres ou être à peu près également favorable pour toutes les

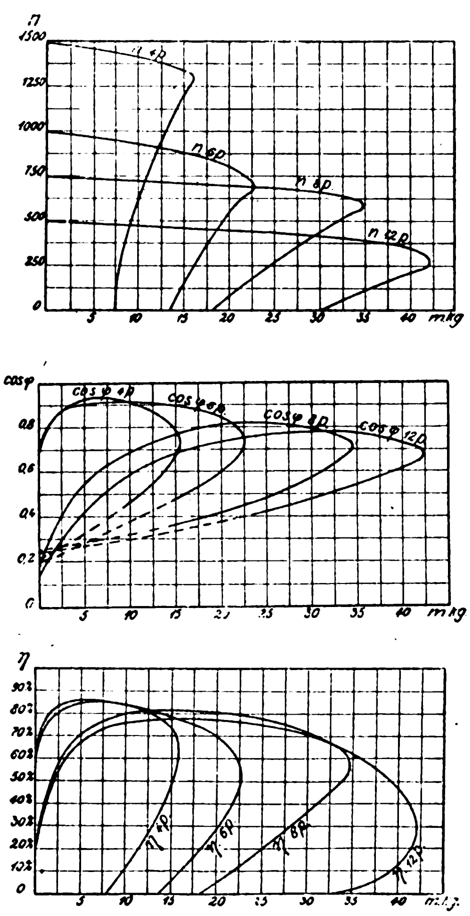


Fig. 3. — Courbes pour puissance constante du moteur de grandeur 560 à 4 vitesses. Connexion des 4, 6, 8 et 12 pôles en série.

vitesses. On devra se régler sur l'importance de chacune des vitesses au point de vue du service et donner au moteur les meilleures qualités, quant à la dispersion, au courant magnétisant, etc., pour la vitesse le plus souvent et le plus longtemps utilisée dans le service du moteur.

On peut construire des moteurs à 5 et à 6 vitesses tant avec deux qu'avec trois enroulements. Le grand nombre des fils de connexion à juxtaposer, dans le cas de moteurs à deux enroulements, entre le moteur et le manipulateur pourra cependant devenir gênant lorsqu'on ne peut placer ce dernier sur le moteur même. On pourra, dans ce cas, obtenir un réglage de vitesse à cinq degrés avec environ un tiers des terminaisons, et éventuellement un réglage à six degrés avec 24 terminaisons, avec un stator à trois enroulements. Le seul inconvénient qu'on ne peut éviter dans ce cas est la nécessité d'augmenter les dimensions des perforations et des tôles statoriques, afin de pouvoir y loger le troisième enroulement. En outre, il faut dépenser environ un tiers de cuivre de plus. Les moteurs à trois enroulements sont donc encombrants, plus lourds et plus chers, sans que leurs qualités électriques soient meilleures.

La marche des moteurs à cinq et six vitesses est la

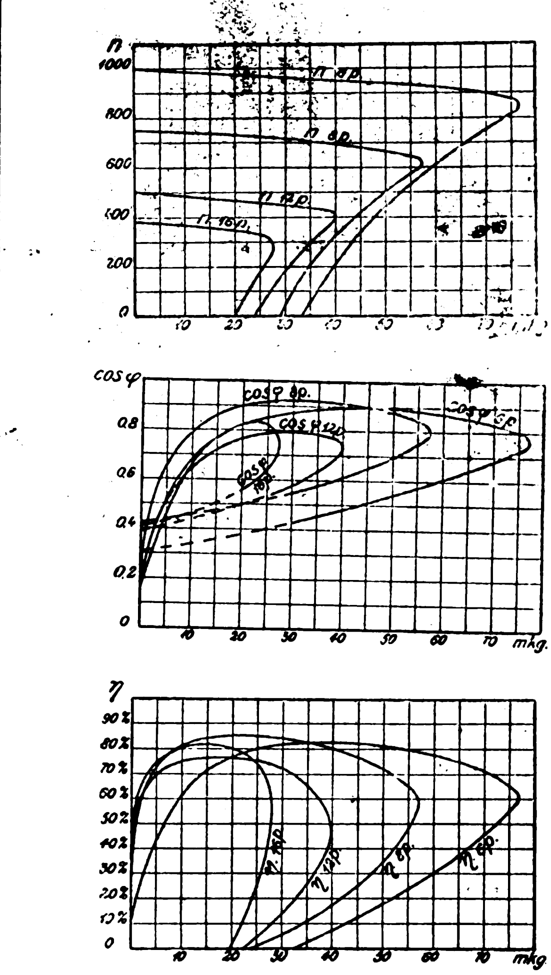


Fig. 4. — Courbes pour couple constant du moteur de grandeur 858 à 4 vitesses. Connexion des 4, 6, 8 et 12 pôles en parallèle.

même, sous tous les rapports, que celle des moteurs à deux et quatre pôles ordinaires. Le constructeur peut à volonté, selon les cas, par l'emploi du schéma en série ou du schéma en parallèle, obtenir un couple à peu près constant à toutes les vitesses, ou au contraire, une puissance constante, ou encore, en dimensionnant différemment les deux enroulements, fixer une puissance variable selon la vitesse de régime. La commande de ventilateurs, de machines pour l'impression des tissus, etc., exige par exemple un couple plus élevé aux grandes vitesses, ce qui ne peut être obtenu, avec des moteurs à courant continu à réglage par le champ inducteur, que moyennant une forte augmentation du courant de l'induit, ce

qui nécessite l'emploi d'un type de moteur plus puissant. Inversement, la commande des machines-outils exige souvent le couple le plus élevé aux faibles vitesses. Le dimensionnement des différents enroulements permettra de fournir pour chaque cas le moteur le mieux approprié au point de vue du prix de revient et de la consommation.

Les figures 3 et 4 donnent les diagrammes correspondant à ces diverses hypothèses : la figure 3 correspond

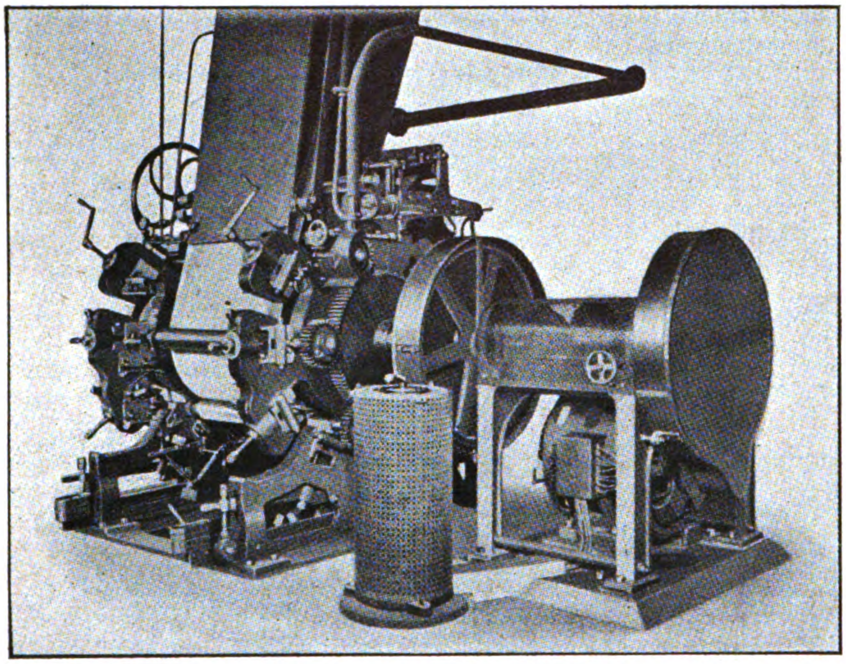


Fig. 5. — Machine à imprimer à vitesse variable.

au cas d'une puissance constante, la figure 4 correspond au cas d'un couple constant.

L'emploi de ce système de moteurs est particulièrement avantageux lorsque les ateliers ne disposent que de courant alternatif di ou triphasé à haute tension, et que, pour l'emploi de moteurs à courant continu, il serait par conséquent nécessaire d'installer des groupes convertisseurs compliqués et coûteux pour transformer le courant.

La figure 5 montre une machine à imprimer les tissus commandée par moteur à 4 vitesses.

Le tableau ci-dessous contient les résultats obtenus pour le rendement et le cos φ de deux moteurs à quatre vitesses.

GRANDEUR DU MOTEUR.	POLES.	PUISSANCE EN CHEVAUX.	VITESSE EN TOURS PAR MINUTE.	RENDEMENT EN CENTIÈMES.	FACTEUR DE PUISSANCE COS φ.
838 Machine à imprimer à quatre rouleaux.	16	7	350	74	0,52
	12	10	465	74	0,64
	8	15	740	85	0,8
	6	20	980	88	0,84
360 Machine à imprimer à huit rouleaux.	16	9	357	76	0,65
	12	14	470	77	0,68
	8	20	735	85	0,78
	6	30	970	86	0,81

Les moteurs asynchrones à vitesse variable ont aussi été appliqués à la traction. Une importante application de ce genre a été faite par la Société Brown, Boveri et Cie aux locomotives électriques du tunnel du Simplon (¹).

Chaque locomotive (fig. 6) porte deux moteurs (fig. 7 et 8) à quatre régimes de marche normale, fixés rigidement au châssis et qui attaquent simultanément tous les essieux par un double système de bielles et de manivelles.

Un premier enroulement statorique peut être connecté de façon à produire 6 ou 12 pôles (fig. 9), ce qui, avec un courant à 16 périodes, correspond à 300 et 150 tours par minute et des vitesses de 70 et 35 kilomètres à l'heure. Un second enroulement comportant 8 et 16 pôles donne les deux vitesses de 52 et 26 kilomètres à l'heure. Les rotors sont des cages d'écureuil simples qui fonctionnent indifféremment avec un nombre quelconque de pôles inducteurs.

Chaque moteur a une puissance de 900 chevaux.

Les deux enroulements, qui peuvent être mis en parallèle pendant les démarrages, permettent de réaliser des couples moteurs très élevés pendant ces périodes.

Les moteurs à cage d'écureuil ne pouvant être mis en communication directe avec le réseau à haute tension, à 3000 v, chaque stator est pourvu d'un double transformateur de

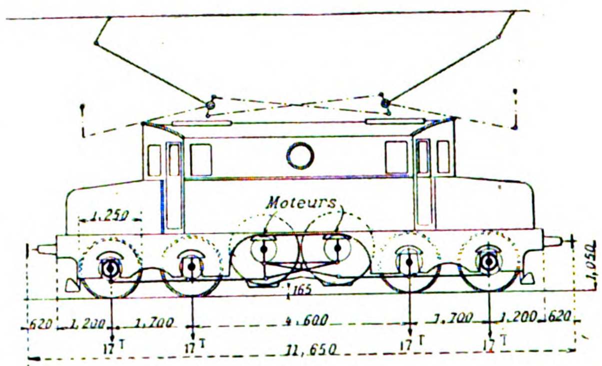


Fig. 6.

démarrage, réduisant la tension et l'augmentant par crans progressifs jusqu'à sa valeur maxima (200 en 200 v jusqu'à 1000 volts).

Le démarrage se fait de la manière suivante : le mécanicien connaissant le poids approximatif du train à remorquer, place la manette des transformateurs sur la touche qui correspond à la tension nécessaire et met les commutateurs de pôles sur la combinaison de petite

(¹) *Génie civil*, juillet 1909.

vitesse, soit 12 et 16 pôles. Si le couple moteur est insuffisant et si le démarrage se fait trop lentement, le mécanicien manœuvre les transformateurs et augmente la

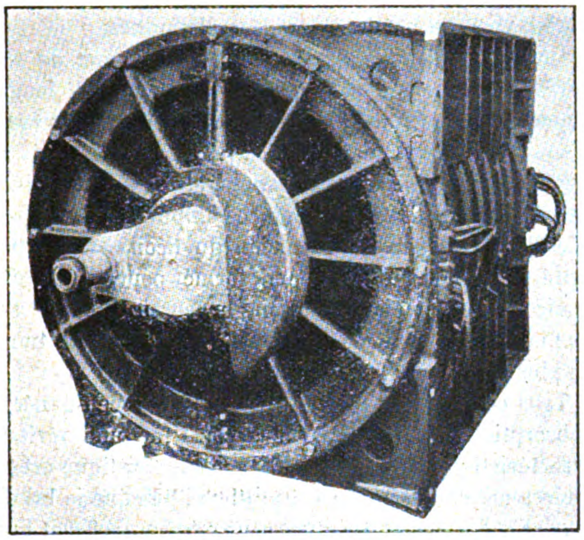


Fig. 7.

tension peu à peu jusqu'à 3000 volts. Il supprime ensuite les enroulements à 16 pôles; ne laissant que ceux

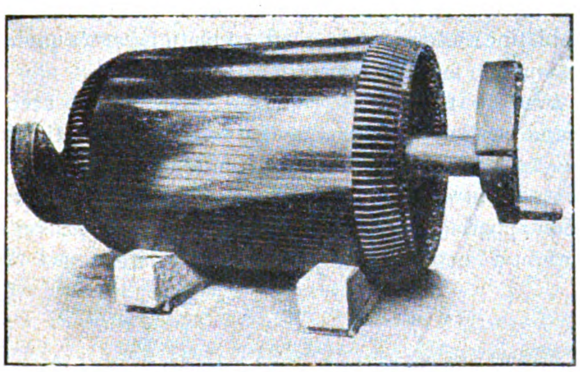


Fig. 8.

à 12 pôles; le train arrive alors à la vitesse de régime correspondante soit 35 kilomètres à l'heure.

Si l'on doit marcher à une vitesse supérieure, le

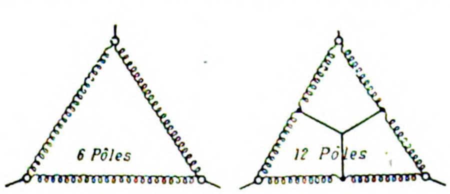


Fig. 9.

mécanicien réduit la tension aux transformateurs, puis il branche les enroulements à 8 pôles en laissant ceux à 12 pôles, ramène la tension à 3000 volts et met hors circuit les enroulements à 12 pôles. On peut recommencer ainsi jusqu'à ce que l'on n'ait en circuit que les enroulements à 6 pôles.

Nous nous bornerons à ces deux exemples d'application des moteurs asynchrones à vitesse variable; ils suffisent pour montrer les avantages et l'utilité de ce type de machines. De nombreuses installations ont été faites depuis avec des moteurs plus puissants mais en somme les montages se ramènent à ceux que nous avons indiqués. P. N.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 28 avril 1913.

Application des galvanomètres à cadre extra-sensibles aux relevés géodésiques de haute précision, par M. Albert Turpain. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur l'absorption du néon par les électrodes des tubes luminescents, par M. Georges Claude. — J'ai montré, dans une précédente note (1), avec quelle facilité inespérée j'ai pu résoudre le problème de la durée des tubes luminescents au néon sans aucun artifice, sans recharges périodiques ou non, simplement par l'emploi d'une densité de courant très faible aux électrodes, dont la surface atteint à cet effet 4 ou 5 dm² par ampère.

A l'heure actuelle, mes espérances du début sont pleinement confirmées et je puis citer, par exemple, un tube de 20 m de long qui, sans manifester encore aucun signe de faiblesse, a fonctionné déjà pendant près de 2000 h.

Si ce fait du ralentissement de l'absorption du néon par diminution de la densité de courant aux électrodes m'a été très précieux, il n'aurait cependant pas été suffisant si le néon, outre le fait que sa cohésion diélectrique si faible permet l'emploi dans les tubes d'une pression, donc d'une réserve de gaz dix fois plus grande qu'avec les gaz usuels, n'opposait une inertie spécifique remarquable à l'entraînement par la volatilisation des électrodes.

J'ai fait à ce sujet quelques expériences fort nettes, et, tout d'abord, je rappellerai un fait que j'ai déjà signalé (2). Si un tube luminescent est chargé et *formé* avec du néon contenant un peu d'hélium, de l'ordre de 1 pour 100, cet hélium, dont les raies sont visibles aux électrodes, disparaît assez rapidement pendant le fonctionnement du tube, et on le retrouve, en plus forte proportion que le néon, dans les gaz dégagés du métal volatilisé.

J'ai essayé de voir si, inversement, une faible proportion de néon contenue dans une atmosphère luminescente d'hélium pourrait être éliminée rapidement. Cet essai était facile à suivre spectroscopiquement, car ce cas du

(1) *Comptes rendus*, 22 mai 1911.
(2) *Comptes rendus*, 16 octobre 1911.

mélange de néon et d'hélium est un des rares où une faible proportion de néon dans un mélange peut apparaître dans le spectre. Or le résultat a été négatif.

Dans mon essai, l'hélium renfermait environ 1 pour 100 de néon; la pression initiale de l'atmosphère du tube, après une formation par le charbon refroidi qui a encore dû diminuer la teneur en néon, était de 2,2 mm de mercure. Cette pression a progressivement baissé, pendant le fonctionnement du tube, à 1,5 mm, ce qui dénotait une absorption d'hélium considérable. Or, les raies du néon, bien visibles, sont restées jusqu'à l'arrêt presque aussi nettes qu'au début.

J'ai fait d'autres essais avec du néon contenant quelques centièmes d'azote, chargé dans le tube sous une pression de 1 à 2 mm, après purge préalable par l'action prolongée de la pompe à vide et du courant.

Ici, aucune formation par le charbon n'est employée : le tube est scellé aussitôt après la charge de gaz et l'on fait passer dans ce tube (45 mm de diamètre et 6 m de long, électrodes de 6 dm²) un courant modéré de 0,3 à 0,5 ampère; la différence de potentiel aux bornes, dans ces conditions, est très élevée (3000 volts environ contre 800 avec le néon pur). Tout d'abord, la lumière est formée des radiations de l'azote, parfois de l'hydrogène, à l'exclusion complète de celles du néon. Après quelques heures, une lueur rosée apparaît, en même temps que les raies du néon naissent dans le spectre et que la différence de potentiel aux bornes s'effondre. Dès ce moment, la lumière rouge orangée du néon envahit petit à petit le tube et devient bientôt seule visible.

Ainsi, l'azote est absorbé en quelques heures, tandis que le néon, en proportion bien plus grande il est vrai, subsistera pendant un ou deux milliers d'heures. L'azote, comme l'hélium, est donc bien plus absorbable que le néon et l'on conçoit que le dispositif de Moore lui soit indispensable.

Le fait que je signale ici est assez net pour que je puisse *former* couramment des tubes courts par ce procédé, qui exige par contre le passage du courant pendant bien plus de temps et l'emploi de différences de potentiel initiales bien plus élevées que la formation par le charbon refroidi ([1]).

Une autre constatation du même ordre est la suivante. Le tube de l'essai précédent ayant été débarrassé d'azote, comme il vient d'être dit, par son fonctionnement même, si on le soumet aussitôt à un courant très supérieur à son courant de régime, disons 1,7 ampère, très généralement, le tube ainsi poussé se *démolit* : il s'emplit d'une belle *lumière bleue* caractérisée par l'apparition d'un spectre continu sur lequel se détachent une forte raie verte 516,5, d'autres raies moins fortes : 563,4; 558,5; 554; 549,7; 515; 509,8; 505,5, et une série de raies violettes dont les principales sont : 473,9; 471,7; 469,9; en même temps apparaissent les raies de l'hydrogène. Cette apparence est d'ailleurs très fugace : elle est suivie de l'effacement des raies et de la production d'une lumière blanchâtre. Ce phénomène se produit pendant la formation aux régimes élevés de presque tous mes tubes, *quelles que soient les électrodes* : charbon, fer, cuivre, aluminium; il paraît dû à des hydrocarbures, dont le spectre présente cependant ici une apparence spéciale, puisqu'il comporte des raies nettes correspondant à l'arête vive des bandes dégradées classiques.

([1]) *Comptes rendus*, 12 décembre 1910.

Or, si, au lieu de pousser le tube presque de suite après sa formation, on le maintient pendant de longues heures à régime modéré, le spectre du néon acquiert de plus en plus de stabilité et ces spectres d'impuretés aux régimes élevés finissent par n'apparaître que très difficilement, sans doute parce que ces impuretés sont absorbées définitivement à l'exclusion du néon. Et c'est pour cette raison qu'un tube, mal formé pour une raison quelconque, s'améliore toujours en service, en ce sens que le spectre du néon y devient de plus en plus pur et de plus en plus stable.

Tous ces faits montrent que la résistance du néon à l'absorption par les électrodes constitue une véritable caractéristique de ce corps. Cette caractéristique est très intéressante au point de vue pratique, puisque je lui dois le succès de mes tubes sans soupapes, qui offrent l'unique exemple actuellement connu de tubes à décharge électrique fonctionnant presque indéfiniment sans aucune rentrée; elle est d'autant plus remarquable que j'ai signalé le fait qu'avec le néon, l'aptitude à la volatilisation de certains métaux se trouve extrêmement augmentée, à telles enseignes qu'un tube de Plucker à électrodes en platine renfermant du néon est platinisé après quelques instants de fonctionnement ([1]).

Avec sa très faible cohésion diélectrique, avec sa grande aptitude à provoquer la volatilisation cathodique de certains métaux, avec la faculté qu'il possède, par contre, d'être à peine engagé dans cette volatilisation, le néon apparaît comme doté d'une série de propriétés qui en font à coup sûr un corps des plus intéressants.

Séance du 5 mai 1913

Force électromotrice produite par l'écoulement des solutions d'électrolytes dans les tubes capillaires, par M. Louis Riéty. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Orages magnétiques et phénomènes d'hystérésis, par M. J. Bosler. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 12 mai 1913.

Simplification des raies spectrales par le champ magnétique, par M. R. Fortrat. (Voy. les *Comptes rendus*).

Sur les phénomènes optiques présentés par les rayons de Röntgen rencontrant des milieux cris-

([1]) *Comptes rendus*. 22 mai 1911.

tallins, par MM. M. de Broglie et F.-A. Lindemann. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 19 *mai* 1913.

Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus, par M. C. Tissot. — En cherchant à réaliser à l'aide de composés homogènes des détecteurs d'oscillations électriques susceptibles de se comporter comme les détecteurs rectifiants dits à *cristaux*, j'ai été conduit à faire agir les oscillations sur différents sels métalliques préalablement fondus.

J'ai fait ainsi certaines observations que je crois intéressantes à signaler.

Tout d'abord, on observe que certains sels fondus se comportent d'une manière singulière quand on leur applique une différence de potentiel continue de valeur convenable. Pour faire l'expérience, on fait fondre le sel dans une petite nacelle de porcelaine dans laquelle sont maintenues parallèlement, et à une distance de 1 à 2 mm l'une de l'autre, deux lames de platine, d'or ou d'argent de 4 à 5 mm de largeur. On peut aussi, plus simplement, coller les extrémités des lames métalliques l'une sur l'autre, à l'aide d'une goutte de sel fondu qu'on écrase entre les lames qu'on a chauffées au préalable, afin d'obtenir une adhérence convenable.

Après solidification et refroidissement du sel, on intercale les lames comme électrodes dans un circuit qui comprend quelques éléments d'accumulateurs, un réducteur de potentiel, et un galvanomètre muni de shunts convenables.

Pour tous les sels essayés, et que j'indiquerai plus loin, l'allure générale du phénomène est le même.

Dans les conditions indiquées, et à la température ordinaire, ces différents sels présentent une résistance de l'ordre du mégohm. Cette résistance ne change pas tant que la différence de potentiel appliquée demeure au-dessous d'une certaine valeur (de l'ordre du volt environ). Mais si l'on donne à cette différence de potentiel une valeur légèrement supérieure, le système devient progressivement de plus en plus conducteur, l'accroissement de la conductivité étant d'autant plus rapide que la différence de potentiel appliquée est plus grande. La résistance passe ainsi d'une valeur de l'ordre du mégohm à une valeur de l'ordre de quelques milliers d'ohms, par exemple. Dans l'un des cas étudiés (chlorure de plomb), cette conductibilité s'établit au bout de 12 minutes sous l'application d'une force électromotrice de 1,4 volt, au bout de 2 minutes sous l'application d'une force électromotrice de 6 volts, et au bout de 10 à 15 secondes sous l'application d'une force électromotrice de 10 volts.

Au lieu de laisser le système soumis à une différence de potentiel constante, on peut faire croître progressivement la différence de potentiel appliquée : on atteint ainsi très vite une valeur pour laquelle la conductibilité paraît s'établir brusquement.

Lorsque la conductibilité est établie, d'une manière ou de l'autre, par application d'une certaine différence de potentiel, on peut réduire cette différence de potentiel sans la faire disparaître. En opérant progressivement cette réduction, on peut ainsi la réduire à une fraction de quelques dixièmes de volt.

Dans tous les cas, et quelle que soit la valeur de la différence de potentiel appliquée au système lorsqu'il est devenu conducteur, *si l'on fait alors agir sur lui des oscillations électriques d'intensité suffisante, la conductibilité disparaît immédiatement.*

On peut disposer l'expérience de la même façon que les expériences classiques sur les cohéreurs en excitant le système à distance par l'étincelle d'une petite bobine d'induction ou simplement par l'étincelle de rupture d'un trembleur. A chaque étincelle il se produit alors, pour employer le langage consacré par la technique de la T.S.F., une *décohération* du système.

Cette décohération se produit d'ailleurs pour une intensité d'autant plus faible des oscillations que la différence de potentiel appliquée au système est elle-même plus petite.

Quand la décohération s'est produite sous l'action d'oscillations, et qu'on laisse appliquée la différence de potentiel continue, le système redevient conducteur. Cette chute de résistance ou *recohération* se produit en général progressivement comme le phénomène initial, mais d'une manière beaucoup plus rapide. Elle met également à se produire un temps d'autant plus court que la différence de potentiel appliquée est plus grande. En réglant convenablement, pour des oscillations d'intensité donnée, la valeur de cette différence de potentiel, on peut faire en sorte que, la décohération ayant lieu sous l'effet des oscillations, la cohération se produise spontanément aussitôt qu'elles cessent, d'une manière à peu près instantanée.

L'existence de la durée de recohération, si courte soit-elle, semble constituer un certain obstacle à l'utilisation de ce nouveau détecteur d'oscillations électriques à la réception des signaux au son. En revanche, il paraît devoir se prêter à l'enregistrement direct des signaux, car il fonctionne aisément avec un courant local de l'ordre du milliampère : c'est ce que j'ai pu constater en utilisant effectivement ce détecteur à la réception de signaux de T.S.F.

Quoi qu'il en soit, et en dehors de toute question d'application possible à la technique, je crois que le phénomène mérite d'attirer l'attention, car il me paraît assez nouveau et présente un certain caractère de généralité.

Je l'ai en effet reproduit jusqu'ici avec les sels suivants : chlorure de plomb, chlorure de thallium, bromure de cadmium, sels haloïdes d'argent, azotate d'argent.

Ce choix de sels peut paraître assez arbitraire. On observera qu'il se trouvait imposé, dans le mode opéra-

toire que j'ai adopté, par la nécessité de faire usage de sels suffisamment inaltérables et capables d'être fondus à l'air sans décomposition.

Sur les variations du pouvoir rotatoire magnétique dans les changements d'état, par M. J. Chaudier. (Voy. les *Comptes rendus*.)

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 2 juillet 1913.

Le téléphone instrument de mesures ; oscillographe interférentiel, par M. Guyau. — M. Guyau a étudié les vibrations de la membrane d'un téléphone en employant l'appareil comme oscillographe interférentiel.

On colle sur la surface vibrante un miroir léger et on dispose en face un second miroir fixe de référence ; on fait tomber sur ce système de la lumière monochromatique qui dessine en franges les lignes d'égale épaisseur de la lame mince. Quand la membrane vibre, les franges se déplacent et l'on peut, au moyen d'une fente, réduire à un point l'impression de chacune de ces franges sur une pellicule photographique.

M. Guyau projette trois oscillogrammes dont un à la fréquence de 512 périodes par seconde. On obtient des franges très nettes en argentant les surfaces interférentielles ; l'exactitude obtenue atteint 1/100 de micron.

Le téléphone ne constitue pas un oscillographe absolument parfait : l'inertie de la membrane s'y oppose et son mouvement est influencé par la présence de l'air compris entre les deux miroirs très proches l'un de l'autre.

On constate que les fortes amplitudes provoquent une modification permanente de la membrane, l'axe des oscillogrammes se déplaçant ainsi d'environ 2,5 dixièmes de micron.

La fréquence propre de l'appareil expérimenté était d'environ 800 périodes par seconde ; le coefficient d'amortissement avait la valeur 400.

Nouvelles expériences sur les limiteurs de tension à étincelles, par M. André Léauté. — Le fonctionnement des limiteurs de tension à étincelles est plus compliqué que celui des limiteurs hydrauliques, à cause de l'intervalle d'air dans le circuit de dérivation à la terre.

L'étude complète du fonctionnement se divise en deux :

1° L'amorçage de l'arc ;

2° Les phénomènes consécutifs à l'amorçage.

M. Léauté se limite à l'étude du deuxième point de vue :

Au moment où jaillit l'étincelle, il se produit des phénomènes semblables à la décharge d'un condensateur : on a un courant amorti que la résistance diminue et empêche d'être oscillatoire ; puis on remarque bientôt un état de régime établi pour lequel on admet en général, et cela inexactement, que le courant dans le limiteur est sinusoïdal, de la fréquence du réseau, le limiteur se comportant comme une simple impédance. Ceci n'est pas vrai : l'arc, par sa seule présence, donne des courants de régime parasites, de fréquence supérieure à celle du réseau et d'amplitude parfois considérable.

M. Léauté ramène par exemple l'étude d'un limiteur au cas d'un circuit comprenant en série le secondaire d'un transformateur, un fusible, un éclateur multiple, un milliampèremètre thermique, un oscillographe et une résistance, le point commun entre le secondaire du transformateur et la résistance étant relié à la terre. Quand le régime est établi, un détecteur de télégraphie sans fil indique la fréquence élevée ; il s'agit ici d'oscillations entretenues et la capacité des appareils par rapport à la terre joue un rôle prépondérant.

M. Léauté a cherché à étudier l'amplitude de ces oscillations ; l'oscillographe ne convient pas à cause de la haute fréquence due à l'écartement très faible des électrodes et à leur nature métallique. Néanmoins l'oscillographe donne l'intensité efficace du terme fondamental et le milliampèremètre thermique donne l'intensité efficace totale ; de plus la courbe de l'oscillographe ne change pas lorsque l'on part des électrodes en contact et qu'on les écarte, de telle sorte qu'il suffit de faire une fois pour toutes l'intégration efficace de cette courbe oscillographique et cette intégration est faite par le milliampèremètre thermique lorsque les électrodes sont en court-circuit. Pour un écartement donné des électrodes, on fait la différence des carrés des deux indications du thermique (actuelle et en court-circuit) et la racine carrée de cette différence donne l'amplitude efficace des oscillations.

M. Léauté a fait varier expérimentalement le nombre et la nature des électrodes, la valeur de la résistance et celle de la tension appliquée ; on constate dans tous les cas que l'intensité thermique passe par un maximum quand l'écartement des électrodes augmente, et cette valeur maxima peut atteindre 5 à 20 fois l'intensité en court-circuit suivant les cas. Ceci explique les fusions intempestives de fusibles en série avec les limiteurs ; ces fusions qui se produisent avec explosion sont dangereuses, car elles rendent conductrice l'atmosphère environnante, à tel point qu'un arc a pu jaillir ainsi entre deux conducteurs distants de 25 cm sous 12000 volts.

Les fortes intensités dues aux oscillations sont concentrées dans les environs mêmes du limiteur, entre l'éclateur et la résistance ; de l'autre côté de la résistance, l'intensité atteint rarement le double de l'intensité en court-circuit, et l'intensité en cet endroit est d'autant plus réduite qu'il y a des coudes dans le circuit. M. Léauté en déduit que l'on peut placer le fusible par rapport à la résistance du côté opposé au limiteur, et l'on adoptera de préférence la disposition consistant à disposer en série, en partant de la ligne vers la terre : d'abord l'interrupteur et le fusible, puis la résistance et le limiteur : on arrive

ainsi au neutre qui est relié à la terre par une résistance.

Microgalvanomètre rapide à enregistrement photographique continu. Son application à la T.S.F., par M. H. Abraham. — Il s'agit d'un appareil actuellement en expérience pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de la terre.

M. Abraham fait d'abord un historique des appareils d'enregistrement pour T. S. F ; il rappelle les essais de Lodge (1904 : 500 km), Tissot (1904 : Paris-Brest, 700 km), Turpain (1910 : Paris-Poitiers, 300 km) et du père Lucas. Le galvanomètre à cadre mobile d'Einthoven, constitué par un simple fil regardé au microscope, a permis à Marconi la réception de messages à une distance d'environ 5400 km (Clifden à Glace Bay). L'enregistrement se fait au moyen d'une chambre photographique placée derrière le microscope.

M. Abraham a cherché à réaliser un galvanomètre ayant le maximum de sensibilité pour la réception de la télégraphie sans fil ; son appareil est un microgalvanomètre à enregistrement photographique et déroulement continu indéfini de papier, comme dans le Morse, et à développement automatique. Il permet toutes les vitesses de déroulement entre 1 centimètre et 1 mètre par seconde. Le galvanomètre est à cadre mobile, *plus robuste* que le galvanomètre à corde : on a en effet dans le galvanomètre à corde un fil de quartz de 1/500 mm argenté pour le rendre conducteur et qui ne doit être ni trop tendu ni trop détendu ; il faut du reste photographier une image microscopique, ce qui nécessite l'emploi de l'arc, et si l'on grossit 400 fois, l'image du fil a 2 ou 3 mm, ce qui donne des tracés épais comme le fait un pinceau. Au contraire, le galvanomètre à cadre mobile peut supporter un miroir donnant une image fine et il suffit d'une lampe Nernst ou d'une lampe à incandescence comme source de lumière ; la finesse du tracé avec miroir permet de dérouler moins vite pour une égale lecture : on peut voir un tracé de 60 mots à la minute avec environ 8 mm par mot.

M. Abraham présente un certain nombre de tracés obtenus ; il estime qu'il n'est pas nécessaire d'avoir de très grandes déviations, plus difficiles à lire que des déviations de quelques millimètres. L'appareil peut écrire directement en Morse en ne conservant que les lignes de sommets des déviations ; mais cela se lit moins bien que les déviations et si l'on a des parasites, on ne comprend plus, tandis qu'avec l'enregistrement complet on peut non seulement faire la part des parasites, mais encore recevoir à la fois et distinguer une réception à étincelles rares et une musicale (Nordeich). Néanmoins, lorsqu'on ne veut recevoir qu'un poste, ce dispositif est inférieur à l'oreille du télégraphiste qui sait lire l'une ou l'autre réception ; mais en consentant de la fatigue, on peut débrouiller *à loisir* les deux réceptions.

Le galvanomètre comprend un électro-aimant et un cadre mobile ; il ne suffit pas d'avoir une sensibilité pour un courant donné sans tenir compte des conditions dans lesquelles le courant passe ; la fréquence des oscillations et la sensibilité sont associées : la sensibilité varie en raison inverse du carré de la fréquence ; il faut que la rapidité soit grande mais sans excès.

Pour des étincelles de 1/20 de seconde, il faut environ 10 périodes par seconde pour le galvanomètre ; un galvanomètre à marche plus rapide dissocie les étincelles exagérément en denture accentuée.

La sensibilité doit être pratiquement voisine de celle de l'oscillographe, mais un peu inférieure ; on emploie un cadre bifilaire de quelques milligrammes pour 400 à 500 tours de fil ; la sensibilité est d'autant plus grande que le cadre est plus étroit et le champ plus intense. Avec un cadre large et un champ intense, on a trop d'amortissement et l'appareil a du mal à dévier.

L'appareil réalisé a une sensibilité de 1/100 de microampère environ pour une fréquence d'environ 10 périodes par seconde ; cette sensibilité est la même que celle indiquée par M. Turpain pour son galvanomètre dans une séance antérieure, mais cette affirmation de M. Turpain semble inexacte à M. Abraham, et ceci dans le rapport de 1 à 100.

Dans les tra. és obtenus, les départs se font à angle très vif, ce qui veut dire que l'intervalle où les ondes ont agi sur le détecteur est très petit ; on a ainsi des repères très précis dans le temps, et l'heure des étincelles est ainsi définie à 1/10000 de seconde près ; ce fait est actuellement utilisé dans l'étude de la propagation des ondes faite entre Paris et Toulon avec le colonel Ferrié.

M. Abraham a obtenu antérieurement l'inscription à Paris des télégrammes de Nordeich avec une petite antenne, celle des télégrammes de Glace Bay à la Tour Eiffel, celle de la Tour Eiffel à Washington. P. G.

JURISPRUDENCE

Deux nouveaux arrêtés du Conseil de Préfecture du Rhône sur l'indemnité de retard appliquée au Concessionnaire qui abandonne sa concession. — Dans notre article paru à la date du 10 janvier 1913, nous avons exposé — pour la combattre — la théorie étrange du Conseil de Préfecture du Rhône qui, comme on s'en souvient, avait admis, dans deux arrêtés, le principe suivant : « Quand un concessionnaire n'a « pas exécuté son cahier des charges, et a même déclaré « formellement qu'il entendait ne pas donner suite à cette « concession, il doit l'indemnité de retard prévue audit cahier « des charges, et cela pendant toute la durée de la concession. »

Quelque temps après avoir posé ce principe, la juridiction qui l'avait elle-même proclamé parut assez embarrassée pour en faire l'application.

M. Grialou avait été condamné à l'amende encourue par lui depuis le 18 juin 1909 jusqu'au 31 décembre 1910, et d'après le principe posé, chaque année il allait devenir débiteur d'une nouvelle somme.

Aussi se vit-il signifier un commandement d'avoir à payer la somme de 1460 francs représentant 365 journées à 4 fr, pour la nouvelle année, c'est-à-dire depuis le 1er janvier jusqu'au 31 décembre 1911.

M. Grialou, qui avait succombé, comme nous l'avons démontré, dans la précédente instance, trouva cette fois-ci un moyen très habile pour sa défense; il raisonna de la façon suivante :

« Par l'arrêté intervenu à la date du 15 décembre 1911, on « m'a condamné à payer le retard qui avait été encouru par « moi depuis le jour où j'étais concessionnaire; mais, j'ai été « dépossédé de la concession, dans la suite, par ce seul fait « que la Société électrique du Rhône s'est substituée à moi, « c'est-à-dire depuis le 25 décembre 1910.

« Or, cette substitution a été faite régulièrement, approu« vée sans réserve par le Préfet du Rhône : je ne puis donc « plus payer comme concessionnaire à compter du moment « où je ne le suis plus.

« Et par conséquent je n'ai point à payer l'amende. »

Quant à la Compagnie substituante, qui était également dans la cause et à laquelle la commune de Marcy-l'Étoile demandait le paiement de la même somme, elle répondait ce qui suit : « Vous voulez, disait-elle, m'appliquer un cahier des « charges, et, pour cela, vous vous appuyez sur l'article qui, « fixant une époque à laquelle les travaux du concessionnaire « devaient être commencés, lui impose une amende par jour « de retard : cette date était celle de juin 1909, comme il a « été dit par un précédent jugement; or, je suis devenue con« cessionnaire depuis le 25 décembre 1910 seulement, donc « vous ne pouvez pas m'appliquer un cahier des charges qui « manifestement est inapplicable; car il ne fallait pas me « prendre comme concessionnaire, même par substitution, si « déjà vous me considériez en faute; ces deux idées sont « opposées l'une à l'autre, absolument incompatibles et dé« montrent qu'il y a une telle lacune dans votre cahier des « charges que vous ne pouvez l'invoquer contre moi. »

Le Conseil de Préfecture a adopté, presque terme pour terme, cette manière de voir, et à ce titre on lira très probablement avec intérêt l'arrêté qui va suivre.

I. — Extrait des registres des arrêtés du Conseil de Préfecture du département du Rhône. — *Séance publique du* 7 *novembre* 1912. — Entre Grialou et Société de l'Énergie Électrique. — Le Conseil de Préfecture du département du Rhône, vu le mémoire en date du 4 juin 1912, par lequel le sieur Grialou, ingénieur à Lyon, expose :

Que la commune de Marcy-l'Étoile lui a, suivant exploit de l'huissier Colomb, à Lyon, du 21 mai 1912, fait commandement d'avoir à payer :

1° La somme de 1460 francs représentant pour la période du 1er janvier au 31 décembre 1911, les amendes de retard prononcées en vertu de l'article 30 du cahier des charges liant M. Grialou à la commune de Marcy-l'Étoile;

2° Les intérêts et les frais;

Que M. Grialou déclare ne pas devoir les nouvelles amendes réclamées et demande la nullité de la procédure nouvelle introduite contre lui par la commune de Marcy-l'Étoile.

Que, par délibération du Conseil municipal de Marcy-l'Étoile en date du 25 décembre 1910, approuvée par M. le Préfet du Rhône, à la date du 28 février 1911, la Société de Distribution d'Énergie électrique a été substituée purement et simplement à M. Grialou à compter du 1er janvier 1911. Qu'ainsi, à partir de cette date l'exposant a cessé d'être le concessionnaire de la distribution d'énergie électrique dans cette commune et demande au Conseil de Préfecture de dire et prononcer :

Que la commune ayant substitué un autre concessionnaire à M. Grialou à partir du 1er janvier 1911, celui-ci ne peut, à partir de cette date, être tenu à aucune amende ou aucune réclamation quelconque de la commune, et condamner cette dernière en tous les dépens;

Vu, en date du 15 juin 1912, le mémoire par lequel la commune de Marcy-l'Étoile répond;

Que le Conseil municipal dans sa séance du 25 décembre 1910 a donné son adhésion à la substitution pure et simple demandée par M. Grialou à compter du 1er janvier 1911; que la délibération approuvée par M. le Préfet, le 28 février 1911, a été dûment notifiée, le 4 mars 1911, à la Société et à M. Grialou;

Que cette notification a soulevé une fin de non-recevoir de la part de la Société qui, par ses lettres du 29 mars et du 7 avril 1911, prétend se désintéresser de la distribution d'énergie électrique et n'avoir aucun engagement envers la commune de Marcy;

Que la délibération donnant l'adhésion de la commune à la substitution demandée n'est ni une renonciation, ni une résiliation du contrat de M. Grialou; que cette mesure ne pouvait que lui assurer deux répondants au lieu d'un seul et que M. Grialou n'est pas déchargé de ses obligations si la Société persiste à ne pas vouloir les assumer; que la légitimité de la demande de la commune ne peut être contestée;

Elle conclut en conséquence qu'il plaise au Conseil de Préfecture entendre les dires de la Société de distribution d'énergie électrique dont elle demande la mise en cause;

Décider ensuite dans quelle mesure cette Société et M. Grialou se trouvent engagés vis-à-vis de la commune de Marcy pour l'exécution de la convention, pour le paiement de l'amende de 1460 francs afférente à l'année 1911; les condamner aux dépens dans les limites de leur responsabilité respective;

Vu le mémoire en date du 15 juin 1912 par lequel la Société de Distribution d'Énergie électrique répond :

Que la commune de Marcy-l'Étoile a procédé irrégulièrement en empruntant la procédure de l'article 154 de la loi de 1884 et que, par suite, le commandement par elle délivré doit être déclaré nul et de nul effet;

Qu'effectivement l'article 30 du cahier des charges-type a prescrit un mode spécial de recouvrement des amendes par voie de prélèvement sur le cautionnement;

Que l'exposant a bien été substitué à M. Grialou à la date du 25 décembre 1910; que cette substitution a été approuvée sans aucune convention nouvelle modifiant le cahier des charges; que l'article 6 du cahier des charges, stipulant que les projets d'exécution des ouvrages et des lignes devaient être présentés dans le délai de trois mois de l'approbation de la concession, c'est-à-dire avant le 17 juin 1909, ne pouvait plus recevoir son application.

Qu'aucun délai n'ayant été accepté par elle lors de la substitution pour la présentation des projets, aucune amende de retard ne saurait lui être imposée;

Qu'en conséquence la commune ne peut recourir qu'à la seule sanction prévue par l'article 25 du cahier des charges, c'est-à-dire la procédure de la déchéance;

Qu'au surplus en présence de l'attitude de la commune de Marcy-l'Etoile, la Société de Distribution d'Énergie électrique déclare renoncer au bénéfice de la concession par elle obtenue et conclut en conséquence qu'il plaise au Conseil;

Dire et approuver que la commune de Marcy-l'Étoile a mal procédé par voie de commandement au lieu d'agir conformément à l'article 30 du cahier des charges; déclarer, en conséquence, son commandement nul et non avenu;

Que la commune ayant été saisie de la demande en substitution en avril 1910, ayant attendu pour statuer sur cette substitution le 25 décembre 1910, a autorisé cette substitution sans aucune convention nouvelle et sans qu'aucun délai ait été convenu et fixé pour l'exécution des travaux; que par suite l'article 6 du cahier des charges ne saurait recevoir son application;

Rejeter en conséquence la demande de la commune en tant que dirigée contre la Société exposante; dire que la commune

ne peut exercer contre cette dernière que la sanction prévue par l'article 25 du cahier des charges, c'est-à-dire la déchéance; donner acte à la Société exposante qu'elle déclare renoncer purement et simplement au bénéfice de la concession qui lui a été accordée.

Condamner la commune aux dépens de l'instance;

Vu un nouveau mémoire, en date du 7 septembre 1912, par lequel la commune de Marcy-l'Étoile maintient ses prétentions premières et conclut à ce qu'il plaise au Conseil de Préfecture;

Dire et prononcer que c'est à bon droit que, procédant par voie d'état de recouvrement en vertu de l'article 154 de la loi du 5 avril 1884, la commune a poursuivi par voie de commandement la Société de Distribution d'Énergie électrique conjointement avec M. Grialou pour obtenir le paiement de la somme de 1460 francs représentant les amendes de retard régulièrement prononcées par le maire;

Que la Société, tant en raison de sa demande en substitution qu'en vertu des engagements antérieurs qui découlent de ses statuts, est condamnée à assurer la convention et le cahier des charges du 20 février 1909, à payer le montant de l'amende de 1460 francs, solidairement avec M. Grialou, concessionnaire primitif;

Dire que la Société est sans aucun droit de renoncer à la concession qui constitue pour elle une obligation de faire, et de rompre ainsi un contrat synallagmatique;

Les condamner solidairement aux dépens;

Vu un mémoire en date du 18 septembre 1912, par lequel la Société de distribution d'énergie électrique maintient ses propositions premières et conclut au rejet de la demande de la commune de Marcy-l'Étoile;

Vu les nouvelles observations présentées par la commune de Marcy-l'Étoile à la date du 28 octobre 1912 et ensemble toutes les pièces du dossier;

Vu les lois du 28 pluviôse an VIII et 5 avril 1884.

Considérant que, par un exploit en date du 21 mai 1912, la commune de Marcy-l'Étoile a fait commandement au sieur Grialou et à la Société de Distribution d'Énergie électrique d'avoir à payer la somme de 1460 francs représentant le montant des amendes de retard de 4 francs par jour encourues pour la période écoulée du 1er janvier au 31 décembre 1911;

En ce qui concerne le sieur Grialou :

Considérant que, par délibération en date du 25 décembre 1910, approuvée par M. le Préfet du Rhône à la date du 28 février 1911, la Société d'Énergie électrique a été substituée au sieur Grialou à partir du 1er janvier 1911, pour la distribution de l'éclairage électrique dans la commune de Marcy-l'Étoile;

Que le sieur Grialou ne peut donc être tenu à aucune amende à partir de cette date et qu'il doit être mis hors de cause;

En la forme, sur la régularité de la procédure à l'encontre de la Société d'Énergie électrique;

Considérant qu'à la vérité l'article 30 du cahier des charges du 17 mai 1908, a bien prescrit que le montant des amendes prononcées par le maire serait prélevé sur le cautionnement;

Que celui-ci n'est qu'une garantie affectée au paiement total de la dette qui ne peut s'éteindre par l'absorption intégrale de ce cautionnement et que le recouvrement du surplus de la dette est régulièrement effectué par état dressé par le maire rendu exécutoire par le Préfet conformément aux dispositions de l'article 154 de la loi du 5 avril 1884;

Au fond, sur la poursuite dirigée contre la Société d'Énergie électrique;

Considérant que celle-ci a été régulièrement substituée à M. Grialou pour l'application des clauses et conditions du cahier des charges relatif à l'éclairage électrique de la commune de Marcy-l'Étoile par délibération sus-visée du Conseil municipal en date du 25 décembre 1910;

Que cette délibération a été approuvée par M. le Préfet du Rhône à la date du 28 février 1912 pour produire ses effets à partir du 1er janvier 1911;

Que cette substitution a été faite sans condition spéciale, sans nouveau délai et qu'il ne peut être fait application à ladite Société de la clause pénale de l'article 6 du cahier des charges qui stipulait que le concessionnaire primitif devait présenter le projet d'exécution des ouvrages et des lignes dans le délai de trois mois de l'approbation de la concession, c'est-à-dire avant le 17 juin 1909;

Que la clause pénale ne peut être appliquée qu'à celui qui est en faute;

Que dans ces conditions et dans le silence des parties sur ce point, aucune amende ne peut être réclamée à la Société de Distribution d'Énergie électrique et la requête de la commune de Marcy-l'Étoile doit être rejetée;

Considérant que ladite commune succombant dans l'instance doit être condamnée à tous les dépens.

Par ces motifs :

Après en avoir délibéré conformément à la loi.

Arrête :

Art. 1er. — Le sieur Grialou, concessionnaire primitif, est mis hors de cause;

Art. 2. — La demande de la commune de Marcy-l'Étoile, dirigée contre la Société d'Énergie électrique, est déclarée recevable en la forme, mais rejetée au fond;

Art. 3. — Ladite commune est condamnée en tous les dépens de premier instance;

Art. 4. — Le surplus des conclusions des parties est rejeté.

Ainsi jugé et prononcé en audience publique à Lyon, le 7 novembre 1912.

II. — Mais nous croyons intéressant en plus de donner encore un arrêté du Conseil de Préfecture du Rhône, très affirmatif sur cette question, et qui était destiné à solutionner une affaire où toutes les bizarreries se trouvaient réunies.

Non seulement la Société d'Énergie électrique s'était substituée comme concessionnaire postérieurement à l'époque où les travaux auraient dû être commencés, ***mais elle était devenue concessionnaire à une époque à laquelle ils auraient dû être finis :*** le Conseil de Préfecture a très heureusement statué en ces termes :

Vu les lois du 28 pluviôse an VIII et du 5 avril 1884;

Vu la délibération du Conseil municipal de Grézieu-la-Varenne, en date du 12 août 1910 et ensemble les pièces du dossier.

En ce qui concerne les amendes encourues du 19 janvier 1910 au 10 août de la même année;

Considérant que les amendes ne peuvent être réclamées à la Société d'Énergie électrique du Rhône, parce que celle-ci n'a été substituée à M. Grialou, concessionnaire primitif, qu'à partir du 10 août 1910;

Considérant que la Société requérante succède bien aux charges et obligations contractées par M. Grialou dans son cahier des charges, mais qu'à défaut de stipulation expresse à ce sujet, on ne peut présumer que la Société dont s'agit a voulu, en outre, prendre l'engagement de payer des amendes de retard qui ne lui incombaient pas;

Que les conséquences de l'application de la clause pénale doivent entièrement rester à la charge de celui qui a commis la faute;

Qu'ainsi et jusqu'à la date du 22 août 1910, date de l'approbation de la délibération du Conseil municipal autorisant la rétrocession, le sieur Grialou doit seul rester responsable du paiement des amendes;

En ce qui concerne les amendes encourues postérieurement au 11 août 1910 et jusqu'au 18 juin 1911;

Considérant que la rétrocession a été faite sans condition spéciale et sans un délai nouveau imposé au concessionnaire;

Que l'article du cahier des charges ne pouvait plus recevoir son application puisqu'il prévoyait l'achèvement des travaux le 19 décembre 1908, alors que la Société de distribution d'énergie électrique n'a traité avec la commune de Grézieu-la-Varenne qu'à la date du 11 août 1910;

Qu'une lacune existe à ce sujet dans le cahier des charges, mais qu'on ne peut suppléer au silence des parties;

Qu'au surplus, par lettre en date du 15 février 1911, l'ingénieur en chef du département a invité la Société à suspendre l'exécution de tous travaux avant que les plans aient été définitivement approuvés;

Que cette approbation n'est intervenue que le 19 juin 1911, c'est-à-dire à une époque postérieure au deuxième état de recouvrement dressé par le maire de Grézieu-la-Varenne;

Qu'ainsi la Société d'énergie électrique ne doit pas les pénalités réclamées en vertu des deux états de recouvrement en date du 8 février et 19 juin 1911, que seul M. Grialou doit être déclaré responsable des amendes encourues du 19 janvier 1910 au 22 août de la même année;

Considérant que le mode de recouvrement par voie d'état dressé par le maire, rendu exécutoire par le Préfet est régulier et conforme à la loi municipale du 5 avril 1884;

Qu'il y a lieu dès lors de renvoyer les parties devant le tribunal civil pour statuer sur l'opposition au commandement pratiquée par la Société d'énergie électrique et de condamner la commune aux dépens de l'instance;

Par ces motifs, arrête :

Art. 1er. — Les états de recouvrement en date des 8 février et 19 juin 1911 ont été dressés à tort contre la Société de distribution d'énergie électrique du Rhône;

Art. 2. — Le sieur Grialou est déclaré seul responsable des amendes encourues du 19 janvier 1910 au 22 août de la même année.

Art. 3. — Le recouvrement par voie d'état dressé par le maire et rendu exécutoire par le Préfet est régulier.

Art. 4. — Les parties sont renvoyées devant le tribunal civil pour statuer sur l'opposition à commandement.

Art. 5. — La commune de Grézieu-la-Varenne est condamnée à tous les dépens de l'instance.

Ainsi jugé à Lyon le 30 avril 1912. »

PAUL BOUGAULT.
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

REVUE DE LA PRESSE

ÉLECTROTHERMIE

Les fours électriques en Angleterre. — Il vient de se former en Angleterre une Société, la National Smelting C°, qui a pour but la fabrication, par des procédés électriques, d'étain, de ferrowolfram et de divers alliages. La fabrication des ferro-alliages est intéressante à cause de la grande consommation de ces produits par l'industrie sidérurgique. A la suite de nombreuses expériences, on est arrivé à diminuer la consommation d'énergie de sorte que l'on espère pouvoir lutter avec avantage contre les usines hydro-électro-métalliques savoyardes. Les essais de la National Smelting C° ont permis de réduire le pourcentage de carbone à 0,25 pour 100. L'alliage est obtenu en traitant de la wolframite au four Gröndal-Kjellin. L'alliage contient habituellement de 70 à 85 pour 100 de Wo, pourtant dans certains cas un alliage à 50 pour 100 présente des avantages; en effet, dans ces conditions, le point de fusion est abaissé et l'alliage se dissout plus facilement dans le bain d'acier.

Le procédé de la National Smelting C° n'exige que 400 kw-h par tonne. (*The Electrician*, n° 68, 1911, p. 467.) F. H.

Les pertes de chaleur dans les fours électriques. — Fitz-Gerald s'occupe des facteurs influençant les pertes calorifiques.

1. Quantité d'énergie consommée en fonction de la charge. Cette quantité doit être aussi forte que possible; voici les résultats obtenus pour un même four :

Quantité d'énergie en kw-h.	Énergie en kw-h par kg de charge.
88	1,7
93	1,6

Une augmentation d'énergie de 5,7 pour 100, diminue la consommation de 5,9 pour 100.

2. Surface extérieure du four en fonction du poids de la charge.

Cette surface doit être aussi petite que possible.

Sur un four de 746 kw, l'on a obtenu les valeurs suivantes pour une température d'environ 2000°.

	Surface du four.	Énergie par kg de charge.
	80 m²	6,1 kw-h
	53 —	5,0 —
diminution	34 pour 100	10 pour 100

3. Influence du matériel employé.

L'on a reconnu que les briques ordinaires isolaient mieux de la chaleur que les briques réfractaires ou de silicate. L'emploi de revêtements d'amiante a donné de bons résultats. (*Metallurgical and Cheminal Engineering*, 1912, p. 599). F. H.

MAGNÉTISME

Action magnétique des corps animés d'un mouvement de rotation. — L'existence du champ magnétique terrestre est due à la rotation de la matière, si l'on admet avec Sutherland qu'il existe un excès de charges négatives de la matière ou bien encore que les centres de gravité des charges négatives et positives des atomes ne concordent pas et que les charges négatives décrivent des orbites plus grandes. Cette hypothèse, impossible à vérifier expérimentalement, est admise par l'auteur. Les électrons négatifs peuvent se déplacer librement dans un excès d'atomes positifs, et, si ceux-ci décrivent des orbites, ils se déplaceront radialement vers l'extérieur de façon à décrire de plus grands circuits que les atomes positifs. Cette hypothèse se laisse vérifier par des recherches magnétométriques sur les corps animés d'un mouvement de rotation. Une théorie approchée de l'expérience est donnée dans ce travail, pour des sphères et pour le cas plus simple d'un anneau cylindrique. L'auteur a fait des expériences sur des anneaux d'ébonite, d'eau, de laiton et de benzol pour lesquels la vitesse linéaire à la périphérie était les 2/10 de celle de la terre à l'équateur, soit 450 m : sec.

Les résultats obtenus furent négatifs : on peut l'expliquer par la petitesse des dimensions des corps essayés et il est probable que les procédés magnétométriques employés ne sont pas assez sensibles pour déceler ces effets.

Ces expériences intéressantes ont été malheureusement interrompues par la mort de l'auteur. (*Ann. der Phys.*, n° 39, 1912, p. 840.)

Influence de la température sur les pertes par hystérésis dans les tôles de fer. — M. Maclaren a recherché l'influence de la température de 25° à 777° C. sur les pertes par hystérésis dans des tôles de dynamos et de transformateurs.

L'induction maximum d'un cycle fut prise égale à 10 000 C.G.S.; pour obtenir constamment ce maximum il a fallu augmenter le courant magnétisant avec la température, à cause de la diminution de la perméabilité avec celle-ci. On y parvint pour la tôle de dynamo; pour celle de transformateur au contraire, plus sensible à la variation de température, le courant magnétisant ne fut pas suffisamment relevé et par suite l'induction maximum pour les hautes températures à partir de 600° faiblit.

Les pertes diminuent avec la température, les deux courbes se rapprochent et finalement se confondent. La température critique fut trouvée de 780° pour la tôle de dynamos et 750 pour l'autre. (*Proc. American Inst. El. Eng.*, n° 51, 1912, p. 1895.) F. H.

Relations entre la perméabilité et l'effet Joule (phénomène d'allongement du fer dans un champ magnétique). — Un coup d'œil sur des recherches faites à ce jour permet de voir que l'on n'a pas fait suffisamment de recherches comparatives sur un seul et même échantillon aux points de vue

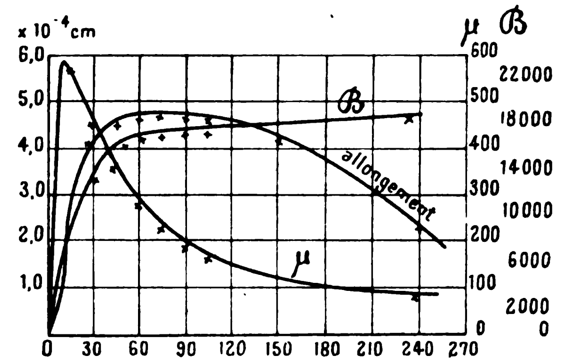


Fig. 1.

induction, perméabilité, contenance de carbone, effet Joule, effet Villari, effet Kerr, etc.

L'auteur communique un travail sur l'effet Joule (sous ce nom on entend l'allongement des corps ferro-magnétiques dans le champ magnétique).

Les échantillons d'acier avaient environ 80 cm de longueur; ils étaient introduit dans un solénoïde et l'allongement était

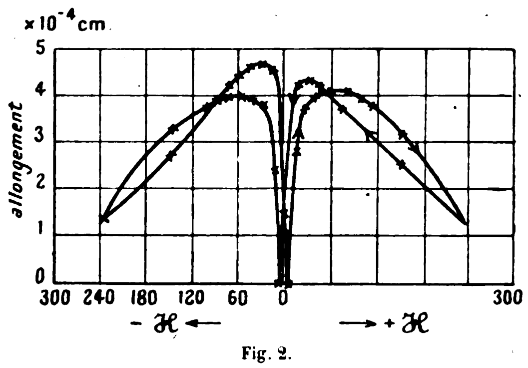


Fig. 2.

mesuré à l'aide d'un système de leviers agissant sur un miroir mobile. La déviation, obtenue à l'aide d'un rayon lumineux réfléchi par le miroir, était enregistrée sur un film photographique. A cause de la rapidité de ce procédé on a pu étudier avec profit toutes les perturbations en éliminant les erreurs dues à la variation de température.

Quatre échantillons furent étudiés; la figure 1 donne les variations de perméabilité, d'induction et l'allongement en fonction de l'intensité du champ.

On remarque que l'allongement comme la perméabilité a un maximum.

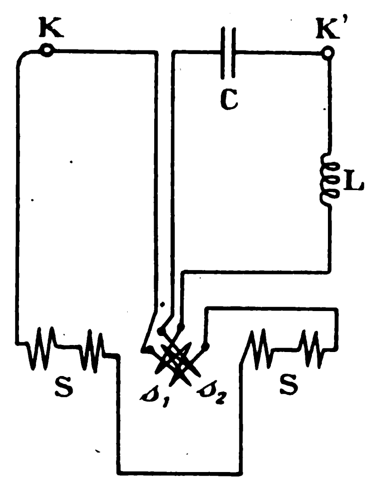
L'auteur releva également les courbes d'hystérésis. La courbe est symétrique à l'axe du zéro. L'allongement est indépendant de la direction de la force magnétisante (fig. 2). (*The Electrican*, n° 69, 1912, p. 568.) F. H.

MESURES

Fréquencemètre enregistreur. — A. Palm décrit le nouveau fréquencemètre enregistreur de la maison Hartmann et Braun. Il est constitué par deux bobines mobiles en croix et par quatre bobines fixes. Le montage est donné par le schéma ci-dessous.

On branche l'appareil par les bornes K K' au réseau, comme un voltmètre. La déviation de l'aiguille est obtenue par l'action différentielle d'un circuit inductif et d'un circuit de capacités.

Les bobines s_1 et s_2 en croix, sont solidaires et se meuvent dans le champ non homogène, produit par des bobines fixes S. Le circuit inductif est formé par les bobines S s_1 et la bobine



de self additionnelle L. Le champ de la bobine s_1 est alors en phase avec celui de la bobine S. Le couple de la bobine s_1 est proportionnel au carré du courant de la dérivation inductive pour une position donnée.

Le circuit capacité est formé par la bobine s_2 et le condensateur C. Le champ de la bobine s_2 est décalé de 180° sur celui des bobines fixes et son couple, pour une position donnée, est proportionnel au produit des courants dans L et C.

Soit :

i, le courant dans L ;
j, le courant dans C ;
D_1, le couple de s_1 ;
D_2, le couple de s_2 ;
N, la fréquence ;
E, la tension en K K'.

Si l'on néglige les résistances ohmiques, on a :

$$D_1 = m_1 i^2 = n_1 \frac{E^2}{N^2}.$$

$$D_2 = m_2 ji = n_2 E^2 \times \frac{N}{N}$$

m et n sont des constantes.

Pour la position donnée, on a :

$$D_1 = D_2.$$

car les deux bobines s'équilibrent. On peut écrire alors :

$$\frac{n_1}{n_2} = N^2.$$

On voit que la position d'équilibre est indépendante de la tension.

Les coefficients m et n ne sont constants que pour les positions considérées, ils sont fonction de l'angle de déviation α.

On peut alors écrire

$$\frac{n_1}{n_2} = pf(\alpha)$$

p étant constant pour toute valeur de α.

Alors on a aussi :

$$N^2 = pf(\alpha).$$

Par une constitution appropriée du champ non homogène fixe, on peut arriver à obtenir des déviations directement proportionnelles à la fréquence.

On est arrivé à construire un appareil à échelle régulière et donnant des indications sensiblement indépendantes de la tension. F. H.

Étude oscillographique de l'arc chantant. — Cette étude a pour but de comparer les oscillations acoustiques et électriques d'un arc chantant.

Pour pouvoir utiliser l'oscillographe, l'auteur a travaillé avec des oscillations électriques de faible fréquence. Les ondes acoustiques étaient enregistrées à l'aide d'un oscillographe acoustique. Il était constitué par un pavillon acoustique à l'extrémité duquel était tendue une membrane de parchemin. Un miroir, mobile sur un axe, relié par un fil de soie à la membrane, traduisait optiquement les vibrations de celle-ci.

Entre le pavillon et un réflecteur parabolique se trouvait l'arc chantant. On a étudié les phénomènes dans le cas de un ou deux circuits oscillants en parallèle.

Il fut trouvé que le nombre des oscillations électriques pouvait être calculé d'après la formule de Duddell quand la fréquence est faible ainsi que la résistance du circuit oscillant.

Le courant est presque complètement sinusoïdal avec un circuit oscillant. L'onde fondamentale de l'oscillation acoustique a la fréquence de l'onde électrique de l'arc. Dans la courbe de l'onde acoustique il n'apparaît qu'une seule harmonique qui n'existe pas dans la courbe du courant.

Dans le cas de deux circuits oscillants la courbe du courant diffère beaucoup de la sinusoïde. On trouve le même résultat pour l'onde acoustique. (*Phys. Rev.*, 1912, n° 5, p. 587.)

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Moteur synchrone, à champ tournant, sans excitation continue. — Benischke, dans l'*Elektr. u. Maschinenbau*, n° 30, 1912, p. 177, décrit un moteur synchrone sans excitation continue. Le stator est constitué comme celui d'un moteur ordinaire à champ tournant, il est à deux paires de pôles. Le rotor est formé de quatre pôles d'acier sans enroulement.

Le moteur démarre à vide en asynchrone à cause des courants fermés induits par le champ tournant alternatif, dans la masse du rotor. A un moment donné le glissement devient nul, le champ tournant crée à chaque pôle du rotor un magnétisme rémanent. La machine marche en synchrone. Le rotor a un léger retard sur le champ tournant, ce décalage produit une force tangentielle synchrone.

L'angle de décalage varie avec la charge. Ce moteur au synchronisme n'a pas de pertes dans le fer.

Le couple produit entre le stator et le rotor, par le magnétisme rémanent, ne sert qu'à supporter la charge.

Le couple de démarrage peut être augmenté par un enroulement court-circuité placé sur les pôles du rotor. L'enroulement reste le même quand le rotor est un cylindre d'acier sans encoches, mais alors le fonctionnement en synchrone n'est pas si parfait qu'avec un rotor à pôles saillants. Suivant la charge et la nature de l'acier du rotor, le moteur est synchrone ou asynchrone.

Si la charge croît avec la vitesse, le moteur n'atteint pas le synchronisme. Si la charge reste constante durant le démarrage malgré l'accroissement de vitesse, le moteur s'accroche et il peut alors supporter des surcharges importantes s'il est muni de pôles saillants. F. H.

TÉLÉGRAPHIE

Signaux télégraphiques par courants alternatifs. — Dans un numéro précédent l'auteur avait montré la possibilité de la télégraphie rapide par des câbles. On a objecté à ses calculs qu'à une certaine vitesse de transmission les signaux se confondent. Dans les essais qu'il fit avec des signaux alternatifs on n'a pu observer aucun allongement et par conséquent aucune confusion des signaux. La cause qui amène l'allongement et par suite la superposition des signaux doit être recherchée dans la nature du courant continu.

Pour ses essais Gati réunit plusieurs lignes télégraphiques aériennes de façon à pouvoir relever à l'aide d'oscillographes le courant au départ et à l'arrivée.

La figure 1 représente les courbes données par un signal à



Fig. 1.

courant continu. La courbe inférieure est celle du courant au départ, la courbe supérieure celle du courant à l'arrivée d'une ligne de 360 km. Il est visible que le courant à l'arrivée (b—c) est fortement allongé.

La figure 2 montre un signal alternatif à 500 périodes par

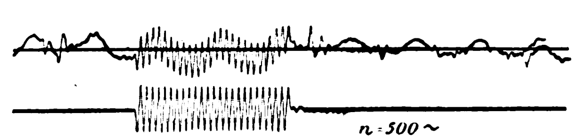


Fig. 2.

seconde sur la même ligne ; le courant à l'arrivée n'est pas allongé.

La figure 3 donne des courbes d'un signal alternatif (500 p) sur une ligne de 2120 km. On remarque qu'il s'écoule un

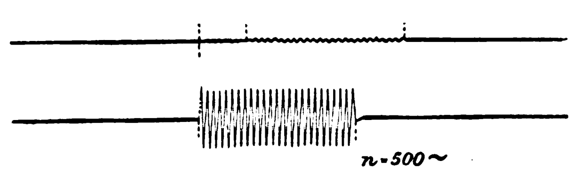


Fig. 6.

certain temps entre le départ et l'arrivée du signal mais il n'y a pas d'allongement.

Avec une longueur de ligne de 4240 km on obtint l'oscillogramme de la figure 4. A première vue on pourrait croire que le

signal a été allongé. Il n'en est rien. En effet les deux extrémités de la ligne aboutissant à proximité l'une de l'autre, le courant au départ induit un courant dans le fil d'arrivée. Nous avons alors à l'oscillagraphe un courant induit entre 1 et 2. Ce qui prouve que c'est bien un courant induit, c'est qu'il n'existe aucune différence de temps entre les deux courants. Au point 2 apparaît seulement le courant envoyé et il pro-

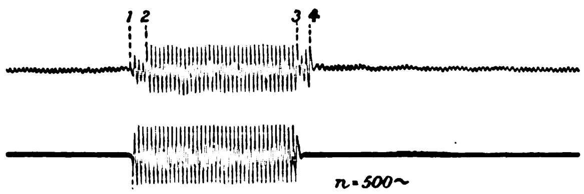


Fig. 4.

duit instantanément une augmentation d'amplitude. De 3 à 4 il ne circule pas de courant dans la ligne de départ, par conséquent il ne peut pas y avoir d'induction; mais dans la ligne il circule encore une onde qui dure jusqu'au point 4. Le signal se trouve en réalité entre les points 2 et 4. Il n'y a par conséquent aucun allongement.

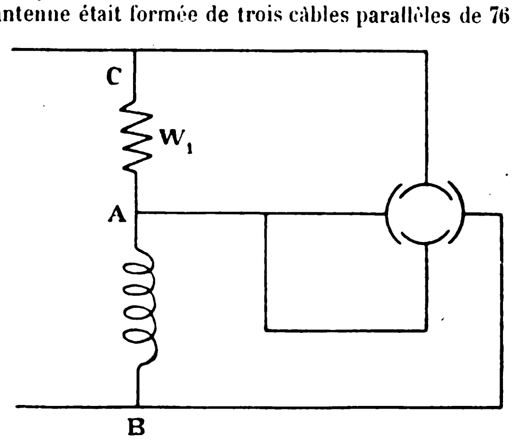
Pour terminer l'auteur calcule qu'à l'extrémité d'un câble maritime d'une résistance de 600000 ω ($c = 23{,}10^{-8}$ Farads, $l = 10^{-2}$ Henrys, $g = 10^{-6} \frac{1}{\text{ohm}}$, $r = 0{,}9$ ohm) pour une tension de 120 volts le courant d'arrivée serait de 0,2 milliampères. Par conséquent les câbles maritimes avec ces constantes conviendraient très bien pour la télégraphie rapide. (*Elektrotechnik u. Maschinenbau*, n° 29, 1911, p. 851.)

F. H.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Sur l'action amortissante de la terre sur les oscillations de l'antenne. — Le laboratoire radiotélégraphique de la marine et de l'armée, à Göttingen, a effectué des recherches sur l'action amortissante de la terre dans un circuit d'antenne. La station de Göttingen repose sur de la terre de labour sous laquelle se trouve une couche d'argile et de gravier; le niveau du sol aqueux se trouve à 1,40 m de la surface.

L'antenne était formée de trois câbles parallèles de 76 m de



hauteur, réunis à leur extrémité supérieure par trois autres câbles formant un triangle horizontal de 76 m de côté.

1° Mise à la terre directe.

La terre était constituée par un cylindre de tôle d'un rayon de 12 m, enfoncé en partie dans le terrain aqueux. La résistance ohmique mesurée au pont téléphone donna 0,45 ω, cette résistance n'est pas celle qui intervient réellement avec les courants à haute fréquence, parce que la répartition des lignes de courants dans la terre dépend de la fréquence. Pour obtenir la résistance réelle, on a employé la méthode basée sur les observations suivantes :

Soit $A—B$, une partie d'un circuit oscillant; on veut mesurer la charge entre A et B. On branche un électromètre, comme le représente la figure. W_1 est une résistance sans capacité et sans self, la déviation est alors :

$$A = \frac{E}{T} \int_0^T e_1 \, e_2 \, dt$$

$e_1 =$ tension instantanée entre C et A

$e_2 =$ — A et B

comme

$$e_1 = i \, W_1$$

alors on a :

$$A = \frac{E \, W_1}{T} \int_0^T i \, e_2 \, dt$$

mais comme

$$\frac{1}{T} \int_0 i \, e_2 \, dt = I^2 \, W_2$$

($W_2 =$ résistance entre A et B à mesurer);

$$A = E \, W_1 \, I^2 \, W_2$$

Si l'on relie l'aiguille et les cellules à A et C, on obtient une déviation

$$B = E \, I^2 \, W_1^2,$$

d'où l'on peut tirer

$$W_2 = W_1 \frac{A}{B}$$

D'après cette méthode, on fit plusieurs mesures entre l'anneau de terre et différentes sondes placées à des distances inégales du centre. L'on obtint les résultats suivants :

Les lignes de courant ont à vaincre une résistance de plusieurs ohms.

La résistance augmente avec la fréquence, mais elle est indépendante de l'intensité du courant dans l'antenne.

Avec différentes formes d'antennes, la résistance se modifie en ce sens qu'une antenne de faible capacité donne une plus grande résistance à la terre.

2° Recherches avec contrepoids.

Dans ce cas, la capacité de la terre est couplée avec l'antenne. Plus le contrepoids est haut, moins il y aura de lignes de courant dans la terre. La résistance de terre dont nous avons parlé plus haut diminue proportionnellement à la hauteur du contrepoids.

Si l'on cherche à déterminer l'influence de la hauteur du contrepoids par des mesures de l'amortissement, alors on ne mesure pas seulement la variation d'amortissement due à la plus ou moins grande action de la terre, mais aussi les variations introduites dans le rayonnement par suite des différentes hauteurs du contrepoids. Pour éviter ces erreurs, on a, dans les essais suivants, soulevé toute l'antenne, y compris les appareils condensateurs, etc., et mesuré, dans une station réceptrice toujours invariable, le courant de réception.

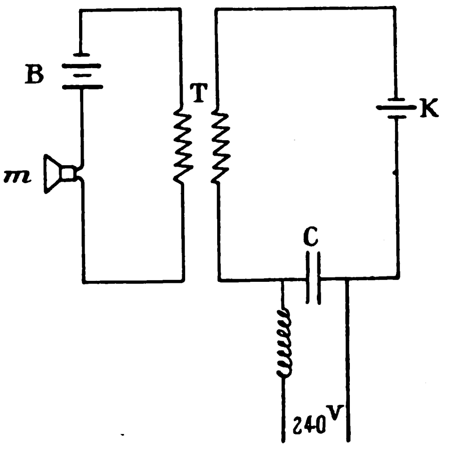
La qualité de la transmission, c'est-à-dire le quotient de la charge dans le récepteur par le carré du courant dans le poste émetteur, augmente avec la distance de la terre; cet effet paraît être plus prononcé avec de courtes longueurs d'onde. Si l'on remplace le contrepoids par une terre, les résultats deviennent plus mauvais. (*Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie u. Telephonie*, n° 5, 1911-12, p. 176 et 255.)

F. H.

TÉLÉPHONIE

Condensateur téléphone. — Ort et Rieger ont fabriqué un téléphone composé de papiers de soie trempés dans de la gomme laque sur lesquels on a collé du papier d'étain. Le condensateur obtenu a une capacité de 0,05 microfarad, il vibre en entier comme une membrane.

La résistance d'isolement est de 1/2 mégohm. Un perfectionnement consiste à remplacer le papier par des membranes de caoutchouc d'une épaisseur de 0,03 à 0,05 mm et de les séparer par des lamelles d'aluminium de 0,01 mm. Le tout



est placé dans une boite en aluminium portant deux bornes.

La résistance d'isolement est 400 mégohms pour 240 volts, la capacité de 0,088 microfarad. Les meilleurs résultats sont obtenus quand le condensateur est branché sur une tension d'au moins 240 volts. La figure donne le montage.

Il est important que la capacité soit indépendante de la fréquence. Le condensateur n'a pas d'oscillation propre. La comparaison de la sensibilité des deux systèmes de téléphones a montré qu'ils se valaient; le rendement serait également le même.

L'avantage des condensateurs consiste en ce que l'on peut les employer comme haut parleurs, et qu'ils supportent très facilement des courants importants. Quand le condensateur fonctionne en haut parleur, on obtient une clarté de son remarquable et supérieure à celle du téléphone électromagnétique. (*El. u. Masch.*, n° 30, 1912, p. 1052.) F. H.

Étude des vibrations des membranes de téléphones. — Meyer et Whitehead ont recherché comment se comportait une membrane de téléphone, à l'envoi et à la réception, pour des courants alternatifs sinusoïdaux de différentes fréquences.

Pour étudier ces vibrations ils avaient fixé un miroir de 0,007 grammes sur la membrane. Les oscillations du miroir étaient enregistrées photographiquement, tandis qu'un oscillographe Duddell relevait le courant passant dans le téléphone.

Les résultats montrent que, pour certaines fréquences, la membrane effectue des oscillations de grande amplitude, tandis que, pour d'autres fréquences, elle n'entre que difficilement en vibration.

De ce fait la voix humaine est altérée considérablement; ces effets sont d'autant plus visibles que les courants employés sont plus forts. La courbe de résonnance montre clairement divers maxima et minima, elle commence presque horizontalement, tombe à un minimum pour 500 périodes, pour aller à un maximum à 720 périodes. Ce premier maximum est à attribuer aux oscillations propres de la membrane qui sont de 800 p:s. Le maximum est plus bas à cause de l'amortissement, qui est ici mécanique et électromagnétique. Ce dernier est dû aux courants de Foucault induits par les aimants dans la membrane et aussi aux pertes par hystérésis et courants de Foucault produits par le courant téléphonique. Ces pertes croissent avec la fréquence du courant, par suite l'amortissement aussi. Le second maximum de la courbe de résonnance fut trouvé pour 2600 périodes. (*Zeitschrift f. Schwachstr.*, n° 7, 1913, p. 108.) F. H.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

446 680. — **Société Landers Frary et Clark.** — *Fiche de contact* (30 juillet 1912).

446 636. — **Teillard.** — *Lampe à arc pour courant alternatif* (29 juillet 1912).

446 488. — **Plaisant.** — *Dispositif pour obtenir l'allumage et l'extinction automatiques de lampes électriques devant fonctionner temporairement* (24 juillet 1912).

446 846. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Perfectionnements dans les locomotives électriques* (2 août 1912).

446 855. — **Firme Bergmann Elektricitäts Werke A. G.** — *Dispositif pour retendre les conducteurs aériens de chemins de fer électriques* (2 août 1912).

446 872. **Bouvet.** — *Transmetteur téléphonique* (12 octobre 1911).

446 917. — **Heurtley.** — *Perfectionnements dans le fonctionnement des circuits télégraphiques, etc.* (5 août 1912).

446 939. — **Schneider.** — *Dispositif de réception pour ondes électriques* (6 août 1912).

16 264/420 880. — **Société française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Dispositif de comptage automatique de communications téléphoniques* (7 octobre 1911).

446 750. — **Marino.** — *Perfectionnements à la fabrication des accumulateurs électriques* (1er août 1912).

446 761. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Mode d'entraînement pour convertisseur de fréquence* (2 octobre 1911).

446 799. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Procédé de commande automatique de moteurs électriques* (10 octobre 1911).

446 877. — **Société Alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs* (13 octobre 1911).

446 920. — **Société A. G. Brown Boveri et Cie.** — *Dispositif pour mettre en court-circuit et relever les balais des moteurs d'induction* (5 août 1912).

446 921. — **Société A. G. Brown Boveri et Cie.** — *Dynamo complètement blindée* (5 août 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

75472. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 519. 10 Août 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
— Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	— Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	— 9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Exposition internationale de Lyon en 1914. — Isolateurs pour lignes à haute tension. — Stations de T. S. F. au Brésil. — Les tramways et les chemins de fer électriques secondaires en Allemagne en 1911. — De la tension la plus avantageuse pour les lampes dans les installations agricoles. — Nouveau dispositif pour sonnerie d'alarme. — Les usines hydraulico-électriques au Japon. — Installations hydraulico-électriques en Sardaigne et en Calabre. — Distinction honorifique 343

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Amiens. Catus. Chamberet. Decazeville. Flers. Lalleyriat. Messincourt. Pau. Pelissanne. Recquignies. Saint-Anthème. Uzès 346

Sur l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage des moteurs a courant continu et d'induction. **J. Saint-Germain.** 347

Aperçu historique des connaissances électriques. **Ch. Marsollier** 355

Quelques notes sur la fixation de l'azote atmosphérique. **J. Garnier** 356

Académie des sciences. — *Séance du 10 mai 1913* : Sur les précautions à prendre pour l'emploi de la résonance dans les essais de câbles électriques à haute tension, par **A. Léauté.** 358

Séance du 26 mai 1913 359

Séance du 2 juin 1913 : Sur le mouvement des centres lumineux dans les décharges électriques, par **A. Pérot.** — Sur un régulateur de température, par **E. Esclangon.** . 359

Séance du 9 juin 1913 : Principe d'un moteur électrostatique, par **E. Bloch.** — Conductibilité électrique de quelques liquides purs, par **J. Carvallo.** 361

Revue de la Presse. — *Accumulateurs* : Courant de court-circuit des accumulateurs Edison. — *Divers* : Sur la combustion superficielle sans flammes. Précautions contre les accidents. Alternateur triphasé à 16560 volts. Eclairage public par lampe au quartz. — *Electrolyse* : Séparation de l'huile par électrolyse. — *Electrothermie* : Soudure électrique par résistance. — *Installations* : Laminoirs électriques à plaques de blindage. Nouvelles voitures benzo-électriques 363

Brevets d'invention 366

INFORMATIONS

Exposition internationale de Lyon en 1914. — Nous apprenons qu'une Exposition Internationale Urbaine est organisée par la ville de Lyon pour l'été de 1914. Cette exposition semble devoir prendre une certaine importance au point de vue de l'industrie électrique, si l'on en juge par le grand nombre de demandes d'emplacements qui ont déjà été faites.

Le fait que beaucoup de constructeurs étrangers tiennent à y participer souligne encore davantage la portée qu'elle aura au point de vue commercial.

Etant donnée l'importance des applications de l'électricité non seulement dans la région lyonnaise, mais encore dans tout le sud-est de la France, il est donc du plus grand intérêt que l'industrie électrique française soit brillamment représentée et montre à la clientèle qu'elle peut soutenir avec avantage la comparaison avec les produits de l'industrie étrangère.

Isolateurs pour lignes à haute tension. — Dans une conférence qu'il a faite à l'Associazione elettrotecnica italiana de Milan, M. E. Alessandri a comparé entre eux les divers types d'isolateurs, employés pour les lignes à haute tension.

Les isolateurs rigides ordinaires ayant le conducteur fixé à la partie supérieure, plusieurs cloches concentriques et une tige intérieure, ne peuvent être employés pour des tensions supérieures à 75000 v; la distribution du potentiel sur la surface externe et à travers l'isolant est mauvaise; sous la pluie, ils commencent à donner lieu à des pertes élevées pour des tensions peu supérieures à celle d'utilisation. Ils sont en outre lourds et encombrants, de sorte que le montage est difficile dans des contrées accidentées. Un isolateur ordinaire pour 70000 v pèse environ 24 kg; et le support 14 kg; pour 80000 v le poids de l'isolateur atteint 30 kg et celui du support 17 kg.

Les isolateurs suspendus, constitués par plusieurs isolateurs en série formant une chaîne à l'extrémité de laquelle le conducteur est attaché, ne donnent pas non plus de résultats excellents.

Par suite de la mauvaise distribution du potentiel, la différence est beaucoup plus élevée aux points d'entrée de la corde métallique, utilisée pour la liaison des éléments, que dans les autres régions de la surface; quand on soumet dans l'obscurité, une chaîne d'isolateurs de ce type, à une tension élevée, tous les trous de passage de la chaîne de liaison et les points voisins de ceux-ci deviennent lumineux, par suite des effluves et des étincelles.

La corde métallique qui relie les éléments de la chaîne s'use rapidement et se rompt sous l'effet des oscillations et vibrations de la ligne et sous l'influence de l'ozone et des

vapeurs nitriques qui se produisent dans les trous des attaches, où la densité électrique est la plus grande.

Les isolateurs avec éléments en série, dans lesquels ceux-ci sont reliés par l'intermédiaire de tiges de fer et ont à leur partie supérieure une cloche ou chapeau métallique donnent au point de vue électrique et au point de vue mécanique des résultats excellents.

Une tige de fer est fixée à la partie inférieure d'un élément et elle est munie de boulons ou crochets destinés à s'engager dans l'anneau du chapeau de l'isolateur suivant (fig. 1).

Une chaîne formée de 3 cloches de porcelaine (fig. 1) de 310 mm de diamètre, et de 65 mm de hauteur, au-dessous de la partie cimentée dans le chapeau de fonte a supporté à sec une différence de potentiel de 220 000 v entre les extrémités sans qu'il se produise de décharge; les fils d'adduction

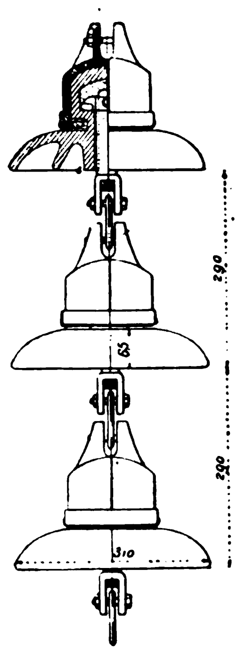


Fig. 1.

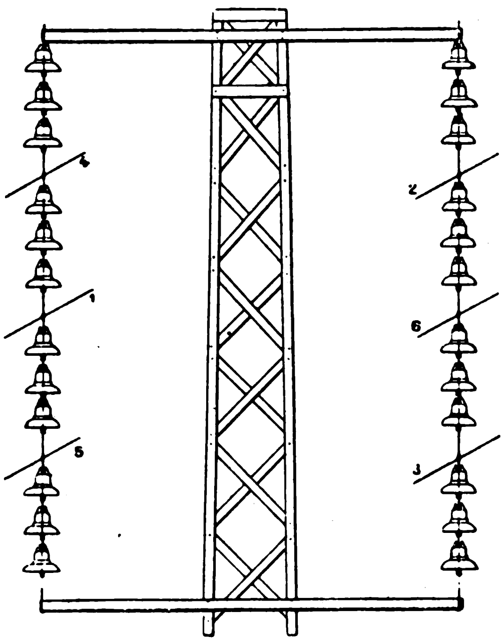


Fig. 2.

seuls devinrent très lumineux. Les expériences ne purent être poussées plus avant, l'isolement du transformateur ne le permettant pas.

Cette même chaîne de 3 éléments, placée sous une pluie de 500 mm à l'heure, inclinée à 45° sur la verticale, ne commence à donner les premières décharges bleuâtres qu'à 147 000 v et l'on n'a obtenu l'arc qu'à 160 000 v. Un isolateur rigide du type Paderno de 420 mm de diamètre et 450 mm construit pour des lignes à 90 000 v, mis en parallèle avec la chaîne, commença à donner des effluves et des étincelles à 83 000 v et un arc superficiel à 127 000 v, alors que la chaîne ne présentait aucun phénomène lumineux ou acoustique.

D'autres expériences faites par M. Aldo Rhigi, dans la salle d'essais des chemins de fer de l'État à Bologne, donnèrent des résultats encore plus brillants.

M. Alessandri donne l'explication suivante du bon isolement que donnent les isolateurs en série avec calottes métalliques.

Une chaîne de tels isolateurs forme une association de condensateurs en série, dont les divers éléments sont identiques et dont l'armature externe entoure presque complètement l'armature interne. La capacité de chacun de ces condensateurs est la même, par suite du groupement de l'ensemble des n éléments en série, on réalise un montage en cascade en sorte que la différence de potentiel v appliquée aux extrémités de la série se divise, étant donnée l'égalité des capacités des éléments, en n parties égales. On aura donc entre la calotte supérieure et le crochet inférieur de chaque élément une différence de potentiel égale à la n^e partie de v. Les isolateurs en série déterminent donc, pour la différence de potentiel entre le conducteur et la terre un premier fractionnement uniforme, tel que la porcelaine de chacun des éléments se trouve dans des conditions de travail identiques, ce qui n'a pas lieu dans les isolateurs rigides où la porcelaine est soumise à un travail électrique différant d'une couche à une autre.

De plus la subdivision de la chute de tension totale en n chutes successives égales, donne la meilleure répartition du potentiel à la surface. Ceci est prouvé par la faible augmentation de la tension nécessaire pour passer des effluves à l'arc superficiel.

A égalité d'épaisseur utile de porcelaine, la tension électrostatique est d'environ 50 pour 100 plus grande dans l'ancien type d'isolateur que dans le nouveau modèle.

Deux des éléments de la chaîne représentée sur la figure 2 suffisent pour une ligne à 100 000 v; en en prenant 3, on a un coefficient de sécurité élevé et en cas de rupture d'un des éléments on peut attendre en toute tranquillité le jour opportun pour effectuer la réparation.

La chaîne a pu être soumise à un effort de traction de 8000 kg sans se rompre, en effet la porcelaine travaille à la compression; la charge de rupture de la porcelaine par compression est de 27 kg : mm², tandis qu'à la traction elle n'est que de 0,65 kg : mm².

De l'étude analytique de M. Alessandri, il ressort qu'il vaut mieux, au point de vue électrique, augmenter le plus possible le nombre des éléments en série et diminuer en proportion le diamètre des cloches en porcelaine. Par contre, pour chaque élément, le prix de la partie métallique reste à peu près constant, quelle que soit le diamètre de la cloche, de sorte que la dépense augmente avec le nombre d'éléments.

Il y a donc un certain nombre d'éléments qui correspond au minimum de dépense : pour une tension de 150 000 v, ce nombre est sensiblement égal à 3.

On a procédé à des mesures de capacité et on a trouvé :

Pour un élément du type de la figure 1, 0,000061 microfarad; pour la chaîne de 3 éléments, 0,000023 microfarad.

En supposant 7 poteaux par km, la capacité kilométrique des isolateurs d'une ligne est 0,000161 microfarad.

Si cette ligne est en fil de 10 mm² de section, sa capacité par rapport à la terre est de 0,0093 microfarad environ; on voit donc que la capacité des isolateurs à calotte métallique est insignifiante par rapport à celle de la ligne.

Si l'on monte la ligne, en la suspendant simplement au-dessous de la chaîne, comme on le fait en Amérique, les fils peuvent venir en contact, avec un vent un peu fort et en outre aux poteaux d'angle, les chaînes prennent une position inclinée.

Ces inconvénients sont supprimés, si, au lieu d'être suspendus par une chaîne, les conducteurs sont en outre tendus à la partie inférieure par une seconde chaîne (fig. 2). On peut mettre sur un poteau deux séries de 3 fils, et disposer les lignes triphasées en triangles équilatéraux en prenant pour la première ligne les fils 1,2,3 et pour la seconde les autres.

Comme le dit *la Houille blanche*, avec le nouveau type d'isolateurs à calotte métallique, le problème de l'isolement des lignes à haute tension paraît être résolu d'une manière définitive.

F. L.

Stations de télégraphie sans fil au Brésil. (*Elektrotechnische*

Zeitschrift du 12 juin). — Le journal officiel du Brésil publie une décision du gouvernement d'après laquelle des communications par télégraphie sans fil seront établies.

On prévoit un service international, un service des fleuves, un service des frontières et un service entre les divers États. On installera entre autres des stations internationales à Belem, d'une portée de 6500 km, au Cap Santa-Martha, avec la même portée et à Rio de Janeiro, avec une portée de 3200 km. La station de Belem sera particulièrement intéressante, la tour supportant les antennes aura une hauteur de 390 m (supérieure à celle de la tour Eiffel) et à la partie la plus haute on disposera des lampes électriques d'une intensité totale de 1 million de bougies. F. L.

Les tramways et les chemins de fer électriques secondaires en Allemagne en 1911. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 12 juin.) — Le nombre total des lignes de tramways et de chemins de fer secondaires de l'Allemagne était, à la fin de 1911, de 550, dont 210 à traction électrique.

84,2 pour 100 des tramways (191 sur 246) sont électriques.

La longueur des voies de lignes à traction électrique était de 4915 km et le nombre des voitures de 21 309. En 1911, elles ont parcouru 720 037 000 voitures-km, ce qui donne 104 000 voitures-km en moyenne par km de voie.

La tension des diverses lignes variait entre 200 et 1000 v, les tensions les plus employées étant 500 v (62 lignes) 550 v (83 lignes) et 600 v (32 lignes.) F. L.

De la tension la plus avantageuse pour les lampes dans les installations agricoles desservies par des centrales. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — Dans une étude parue dans le journal d'une Société agricole bavaroise, on s'élève contre l'emploi de la tension de 220 v pour les lampes, tandis que l'on en recommande l'emploi pour les moteurs; on peut obtenir ces conditions en utilisant un réseau secondaire à 3 fils, avec fil neutre au transformateur.

L'étude mentionne que les frais d'installation pour une tension de 220 v aux lampes sont ordinairement peu inférieurs à ceux correspondant à une installation à 110 v. Si, par exemple, pour l'établissement du réseau à 110 v aux lampes, la dépense s'élève à 18 750 francs, l'économie réalisée par l'emploi d'une tension de 220 v serait de 3125 fr. soit 17 pour 100; si on compte 7 pour 100 pour les intérêts et l'amortissement de cette somme, l'économie annuelle est de 219 francs.

La dépense de 18 750 francs est la moyenne pour une installation de 1000 lampes. L'auteur admet que 1000 lampes de 16 bougies à 110 volts, avec un tarif de 62,5 centimes le kw-h consomment annuellement pour 3750 francs d'énergie. Pour des lampes à 220 v la consommation est d'environ 20 pour 100 supérieure, de là une dépense supplémentaire de 750 francs.

Tandis qu'avec une tension de 110 v on doit remplacer annuellement 200 lampes, on doit compter avec une tension de 220 v, en remplacer au moins 300 chaque année; on peut estimer à 412 francs la dépense supplémentaire annuelle de ce fait, les lampes à 220 v coûtant beaucoup plus cher que celles à 110.

L'auteur estime en outre qu'en employant la tension de 220 v, les réparations aux installations intérieures coûtent annuellement 125 fr de plus que si l'on utilise la tension de 110 volts.

La dépense supplémentaire annuelle, qu'auraient à supporter les clients, avec la tension de 220 v serait de :

$$750 + 412 + 125 = 1287 \text{ francs}$$

tandis que la station centrale ferait une économie de 219 fr.

M. Büggeler a vérifié les calculs du journal de la Société bavaroise et a reconnu qu'ils étaient tout à fait exacts, toutes les fois qu'il s'agit de petites agglomérations dans lesquelles on peut n'établir qu'une seule station de transformateur; dans 19 localités, pour lesquelles il a établi des projets en employant la tension de 220 v pour les lampes avec distribution à 3 fils, l'économie n'est que de 13 pour 100 par rapport à l'emploi de 210/100 v.

Il y a cependant des cas où les conclusions du journal bavarois ne sont pas applicables, lorsque les installations sont très dispersées, ou bien dans les grandes agglomérations, car alors souvent on est obligé avec l'emploi de 210/120 v d'installer deux ou trois stations de transformateurs, tandis qu'avec 380/220 v une seule suffit. F. L.

Nouveau dispositif pour sonnerie d'alarme. (*Electrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — Les dispositifs de sonneries ordinaires pour signaux d'alarme, par exemple ceux annonçant l'ouverture d'une porte, donnent, ou bien des coups de timbres trop fugitifs qui peuvent facilement pass r inaperçus, ou bien font entendre un roulement pendant tout le temps que la porte reste ouverte, ce qui est fatigant. On peut, il est vrai, dans ce dernier cas, arrêter la sonnerie en ouvrant un interrupteur, mais on peut facilement oublier de le refermer ensuite, de sorte que le dispositif d'alarme ne fonctionne plus. Un nouveau dispositif, « la cloche d'alarme Hydra », qui vient d'être mise sur le marché, évite ces inconvénients; on peut arrêter la sonnerie de plusieurs points, en pressant sur un bouton, et elle se remet en action automatiquement quand on ouvre la porte de nouveau, après l'avoir refermée.

Le principe du dispositif est le suivant, l'enroulement de l'électro-aimant de la sonnerie trembleuse est calculé de telle sorte que la palette est attirée pour un courant d'une intensité beaucoup moindre que le maximum qui peut circuler; de sorte que, lors du fonctionnement comme trembleuse lorsqu'on ouvre la porte, l'intensité du courant n'atteint pas le maximum.

Quand on appuie sur un des boutons destinés à arrêter la sonnerie, on ferme un circuit derivé dans lequel est placé l'enroulement de l'électro et la pile, de sorte que le courant n'est plus interrompu; l'intensité du courant prend la valeur maximum et la palette fortement attirée reste collée et vient toucher un contact spécial (analogue à celui du trembleur) qui ferme un circuit dans lequel l'enroulement de l'électro est directement relié à la pile, de sorte que, quand on a cessé d'appuyer sur le bouton d'arrêt de la sonnerie, le courant d'intensité maximum continue encore à circuler dans l'enroulement de l'électro et la palette reste attirée. Quand on ferme la porte, le courant est interrompu, la palette cesse d'être attirée, de sorte que, si l'on ouvre de nouveau la porte, la trembleuse entre de nouveau en action.

On peut contrôler le fonctionnement de l'installation en remettant la sonnerie en marche pendant que la porte est encore ouverte, il suffit de shunter l'enroulement de l'électro avec une faible résistance, de sorte que l'intensité du courant diminue dans les spires de celui-ci, et que la palette cesse d'être collée et que le fonctionnement comme trembleuse reprend.

L'enroulement de l'électro-aimant a une résistance d'environ 40 ohms, de sorte que la dépense de courant est faible, même quand la sonnerie a été arrêtée, la porte restant ouverte. F. L.

Les usines hydraulico-électriques au Japon. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — La commission nommée par le ministre du commerce japonais pour l'étude de la puissance hydraulique du pays, estime qu'à la fin de 1912, il y avait au Japon 383 usines hydro-électriques en exploitation, en construction ou en projet, d'une puissance totale de 2,172 millions de chevaux; 213 de ces usines sont en fonctionnement, 81 non complètement terminées et pour 89 on n'a pas encore obtenu la concession. F. L.

Installations hydraulico-électriques en Sardaigne et dans la Calabre. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — Le gouvernement italien vient de demander au Parlement, qui l'a accepté, d'accorder les concessions de deux installations importantes.

Dans la première, située en Sardaigne, on utilisera les eaux du Tirso, dans la province de Cagliari. Ce fleuve, le plus important de l'île, n'a en été qu'un débit de 20 litres par seconde, mais en hiver, ses crues subites sont un véritable danger pour la vallée inférieure. Pour régulariser le débit, desservir une usine hydraulico-électrique et assurer l'arrosage de la partie inférieure de la vallée, on installera un bassin de retenue de 60 km de pourtour, d'une contenance de 330 millions de m³. La digue aura une hauteur de 53,5 m. On compte obtenir une puissance constante de 10000 chevaux avec un débit de 20 m³ à la seconde; on construira 3 canaux ayant ensemble une longueur de 30 km, au moyen desquels on pourra arroser une surface de 20000 hectares qui, actuellement, est complètement improductive, à cause du manque d'eau en été et des inondations en hiver. Les dépenses relatives à l'installation de la partie hydraulique sont estimées à 25 millions de francs; l'énergie électrique sera distribuée dans l'île entière.

La seconde installation est celle de Sila, dans la Calabre, un haut plateau situé à 1300 et 1900 m au-dessus de la mer, qui présente du côté de celle-ci une paroi abrupte. Le projet prévoit l'utilisation du Néto et de ses deux affluents l'Ampollino et l'Arvo; on aménagera 3 bassins de retenue ayant respectivement des contenances de 157, 61 et 17 millions de mètres cubes; les hauteurs des digues seront de 40, 29 et 62 m; le débit constant sera de 15 mètres cubes à la seconde. On constuira deux usines hydraulico-électriques, l'une audessous de l'autre: la première utilisera 1100 m et la seconde 600 m de la chute, elles auront ensemble une puissance de 170000 chevaux. L'énergie électrique sera distribuée dans la basse Italie, notamment dans l'Apulie, et utilisée principalement à actionner des pompes pour l'irrigation. On estime à 66 millions de francs la dépense totale, non compris le réseau de distribution de l'énergie électrique. Au bout de 60 années, les réservoirs, les centrales et les installations principales deviendront la propriété de l'État. L'énergie sera fournie aux services publics au prix de revient. F. L.

Dictinction honorifique. — *Société des Ingénieurs civils. Prix annuel.* — M. Boucherot vient de recevoir le prix annuel de la Société des Ingénieurs civils de France, pour son intéressant mémoire sur les *Effets mécaniques des courts-circuits brusques dans les turbo-alternateurs*, que nous avons signalé dans notre compte rendu du Congrès de Turin. Ce travail a été très remarqué par tous ceux qui s'occupent de la question; c'est en effet un problème peu connu, et de la plus grande importance au point de vue de la construction et de la conservation des machines. M. Boucherot l'a résolu d'une façon parfaite et a apporté à cette étude des éléments d'une extrême importance.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Amiens (Somme). — *Éclairage.* — Le conseil municipal s'est occupé du traité à passer avec la Société d'Électricité d'Amiens.

La Société remplacera par des lampes de 32 bougies environ 4000 lampes de 12 et 16 bougies, qui fonctionnent actuellement dans les quartiers extérieurs.

Catus (Lot). — *Éclairage.* — Le conseil municipal a voté la somme nécessaire pour les frais d'installation de l'éclairage électrique.

Chamberet (Corrèze). — *Éclairage.* — Le conseil municipal a décidé de faire procéder à l'enquête de la demande de concession de M. Bret concernant la distribution de l'électricité dans la commune.

Decazeville (Aveyron). — *Distribution d'énergie.* — Les travaux de construction du réseau ont été confiés à la Société Grenoble-Électricité qui a commencé depuis plusieurs mois le piquetage de la ligne aérienne à basse tension.

La ligne à haute tension amenant le courant des usines du Truel sera à 38000 volts et arrivera par la Buscalie à un poste de transformation qui sera édifié à côté de la Centrale électrique de Lacaze. Le courant transformé à 3000 volts sera amené par une canalisation souterraine qui mesurera 2300 m aux cinq petits postes de transformation.

La construction de la ligne Rodez-Decazeville et du poste de transformation de Lacaze demandant quatre ou cinq mois, en attendant la Compagnie Commentry-Fourchambault-Decazeville fournira le courant.

Flers (Orne). — *Distribution d'énergie.* — La commission des travaux publics s'est réunie pour l'étude du projet de la distribution de l'énergie électrique qu'elle doit présenter à l'ensemble de la commission désignée.

Lalleyriat (Ain). — *Distribution d'énergie.* — M. Montange fait monter la ligne de transport d'énergie électrique qui doit alimenter les deux communes du Poizot et de Lalleyriat. Le courant sera pris à l'usine génératrice hydraulico-électrique de Saint-Germain, et bientôt les deux communes seront dotées de la force motrice et de la lumière électriques.

Messincourt-Osnes (Ardennes). — *Concession.* — Il est procédé à une enquête sur la demande de l'Est Électrique relativement à une concession d'énergie électrique sur le territoire.

La même enquête a lieu également à Sachy.

Pau (Basses-Pyrénées). — *Éclairage.* — Le rapport de M. Brugnot concernant l'éclairage électrique public à Pau a été adopté. L'installation sera faite avant la fin de l'année.

Pelissanne (Bouches-du-Rhône). — *Éclairage.* — Le projet d'éclairage électrique en régie municipale, soumis dernièrement par le maire au conseil municipal, et adopté par celui-ci, vient de recevoir l'approbation préfectorale.

Recquignies (Nord). — *Éclairage.* — Le conseil municipal a approuvé le cahier des charges présenté par la Société d'Electricité de Jeumont pour la distribution de l'éclairage électrique dans la commune.

Saint-Anthème (Puy-de-Dôme). — *Éclairage.* — La municipalité a approuvé le projet d'éclairage électrique de MM. Picard, Bornhauser et Cie, ingénieurs-électriciens à Grenoble.

Uzès (Gard). — *Éclairage.* — Les travaux d'installation électrique pour l'éclairage qui sera fourni par la Compagnie du Sud Electrique, dont le siège est à Avignon, commenceront sous peu.

ÉTUDE SUR L'ÉNERGIE ABSORBÉE

DANS LES

RHÉOSTATS DE DÉMARRAGE

DES

MOTEURS A COURANT CONTINU ET D'INDUCTION

On sait que les rhéostats de démarrage sont des résistances ohmiques que l'on introduit dans les circuits des moteurs au moment du démarrage pour limiter l'afflux de courant et que l'on retire progressivement au fur et à mesure que la vitesse augmente.

Or à n'importe quel moment du démarrage, on peut dire que la puissance dans le rhéostat de démarrage est égale à la puissance prise au réseau diminuée de la puissance prise par le moteur, et aussi que la puissance prise par le moteur est égale à la puissance rendue par le moteur plus la puissance perdue dans le moteur.

Nous pouvons traduire ceci par la formule

$$P_{rh} = P_{réseau} - (P_{perdue} + P_{rendue}).$$

Or si la puissance rendue par le moteur $= C_{rendu} \times \omega$, la puissance perdue pourra s'exprimer par

$$C_{perdu} \times \omega + (C_{rendu} + C_{perdu})\,\omega'$$

dont laquelle $\omega' =$ la perte de vitesse.

Quant à la puissance prise au réseau elle est évidemment la même que celle que prendrait le moteur si, toutes choses restant égales d'ailleurs, la vitesse eût été modifiée de façon à ce que le rhéostat soit hors circuit. C'est-à-dire, en appelant Ω la vitesse du moteur à la fin du démarrage avec un couple sur l'arbre égal à C_{rendu} :

$$P_{réseau} = C_{rendu} \times \Omega + (C_{rendu} + C_{perdu})\,\omega' + C_{perdu} \times \Omega.$$

On a donc :

$$\begin{aligned} P_{rh} &= C_r \Omega + (C_r + C_p)\,\omega' + C_p \Omega - C_r \omega \\ &\quad - (C_r + C_p)\,\omega' - C_p \omega \\ P_{rh} &= (C_r + C_p)(\Omega - \omega) \end{aligned}$$

ou, en appelant C la somme des couples rendus et perdus :

$$P_{rh} = C(\Omega - \omega);$$

l'énergie absorbée dans ce même rhéostat pendant le temps dt sera donc :

$$dW = C(\Omega - \omega)\,dt.$$

Cherchons à évaluer dt en fonction de ω ; pour cela nous écrirons que, à chaque instant du démarrage, l'énergie absorbée par le moteur est égale à l'énergie qu'il absorberait à vitesse constante et égale à la vitesse correspondante à l'instant considéré augmentée de l'énergie correspondant à l'accélération à l'instant considéré; c'est-à-dire :

$$C\omega\,dt = C_R \omega\,dt + K\omega\,d\omega + K'\omega'\,d\omega' + \ldots,$$

formule dans laquelle

$C_R =$ couple résistant à la vitesse ω ;
$K =$ moment d'inertie des masses tournant à la vitesse ω ;
$K' =$ moment d'inertie des masses tournant à la vitesse ω', etc.

De cette formule nous tirerons :

$$dt = \frac{K\,d\omega}{C - C_R} + \frac{K'\omega'\,d\omega'}{(C - C_R)\,\omega} + \frac{K''\omega''\,d\omega''}{(C - C_R)\,\omega} + \ldots$$

et par conséquent

$$dW = \frac{KC}{C - C_R}(\Omega - \omega)\,d\omega + \frac{K'C'}{C - C_R}\frac{\omega'}{\omega}(\Omega - \omega)\,d\omega' + \ldots$$

Si nous appelons Ω, Ω', Ω'' les vitesses finales des différentes parties tournantes, nous remarquerons que

$$\frac{\omega}{\Omega} = \frac{\omega'}{\Omega'} = \frac{\omega''}{\Omega''} \text{ etc.}$$

et aussi que

$$\frac{d\omega}{\Omega} = \frac{d\omega'}{\Omega'} = \frac{d\omega''}{\Omega''} \text{ etc.}$$

Nous pouvons donc écrire

$$dW = \frac{KC}{C - C_R}(\Omega - \omega)\,d\omega + \frac{K'C}{C - C_R}\frac{\overline{\Omega'}^2}{\Omega^2}(\Omega - \omega)\,d\omega + \ldots$$

soit

$$dW = K + \frac{K' \times \overline{\Omega'}^2}{\Omega^2} + \frac{K'' \times \overline{\Omega''}^2}{\Omega^2} + \ldots$$
$$\ldots\left[\frac{C}{C - C_R}(\Omega - \omega)\,d\omega\right]$$

$$dW = \Sigma\,\frac{K' \times \overline{\Omega'}^2}{\Omega^2}\left[\frac{C}{C - C_R}(\Omega - \omega)\,d\omega\right]$$
$$= K_1 \frac{C}{C - C_R}(\Omega - \omega)\,d\omega$$

et par conséquent

$$W = K_1 \int \frac{C}{C - C_R}(\Omega - \omega)\,d\omega + \text{constante}.$$

Pour intégrer cette fonction, il nous faudrait encore connaître C et C_R en fonction de ω.

Or C en fonction de ω dépend du mode de construction du rhéostat et aussi, dans le cas de démarreurs à main, de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle l'opérateur agit.

Quant à C_R il ne dépend que de la forme et de la consistance des matériaux mis en mouvement par le moteur.

Nous verrons plus loin quelles sont les valeurs les plus habituelles de ces couples en fonction de ω, mais nous donnons ci-dessous une méthode graphique per-

mettant de calculer W quelle que soit la valeur de C et de C_R en fonction de ω.

Posons :

$$OA = \omega$$
$$OB = \Omega$$
$$AB = \Omega - \omega = EF$$
$$AC = d\omega$$
$$AD = C_R$$
$$AE = C$$
$$DE = C - C_R$$

On a :

$$\frac{C}{C - C_R}(\Omega - \omega)\, d\omega = \frac{AE \times EF}{DE} \times AC$$

mais

$$\frac{EF}{DE} = \frac{EJ}{AE} = \frac{EH}{AE}$$

d'où

$$\frac{AE \times EF}{DE} = EH$$

et par conséquent

$$dW = K_1 \times EH \times AC.$$

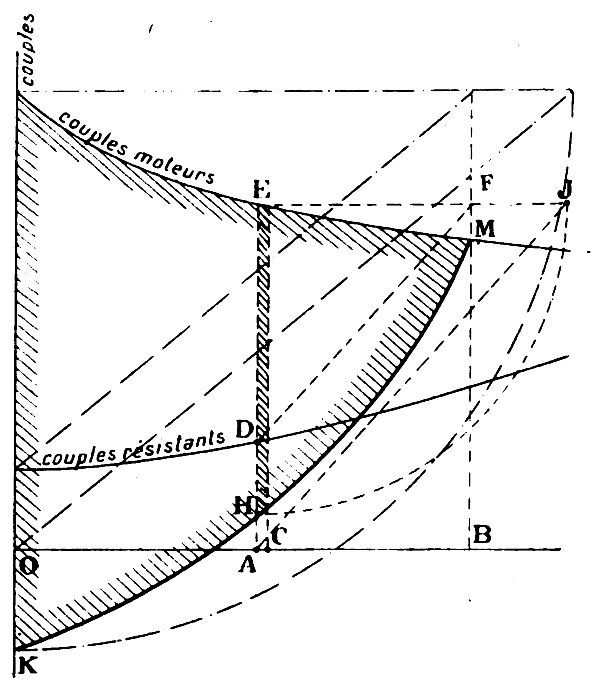


Fig. 1. — Couples en ordonnées. Vitesses en abscisses.

En opérant par point, on peut obtenir une courbe

KHM

et l'on a :

$W_0^{\Omega} = K_1 \times S$, dans laquelle S = surface hachurée.

On a aussi :

$$\Omega^2 = \overline{OB}^2$$

d'où l'on tire :

$$W_0^{\Omega} = K_1 \Omega^2 \left(\frac{S}{OB^2}\right) = \frac{S}{OB^2} \times \Sigma K \Omega^2.$$

Remarque. — Cette formule peut s'écrire :

$$W_0^{\Omega} = \frac{S}{\overline{OB}^2} \times \Sigma PD^2N^2 \times \frac{\pi^2 \times 736}{9{,}81 \times \overline{60}^2 \times 750 \times 100}$$

soit approximativement

$$W_0^{\Omega} = \frac{S}{OB^2} \times \Sigma \frac{PD^2N^2}{4} \times 10^{-5}$$

dans laquelle

W = énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage en kilowatts-secondes.

P = poids des différentes parties tournantes exprimés en kilogrammes.

R = rayons de giration des différentes parties tournantes exprimés en mètres.

V = vitesse angulaire des différentes parties tournantes exprimées en tours par minute.

Étude des couples résistants en fonction de la vitesse pour les cas les plus usuels de démarrage. — Comme nous l'avons dit plus haut, la courbe des couples résistants en fonction de la vitesse ne dépend que de la forme et de la consistance des matériaux mis en mouvement par les moteurs et des pertes dans le moteur lui-même.

On peut les diviser en 3 classes principales :

1° Le couple résistant est indépendant de la vitesse (cas des frottements) ;

2° Le couple résistant est proportionnel à la vitesse (cas d'une génératrice excitée séparément et branchée sur une résistance fixe) ;

3° Le couple résistant est proportionnel au carré de la vitesse (cas des ventilateurs et pompes centrifuges).

Dans la pratique les couples résistants sont la combinaison de ces trois cas et même d'autres encore. En effet, si l'on prend le démarrage à vide d'un moteur shunt par exemple, les pertes par frottements correspondent à un couple indépendant de la vitesse, les pertes par courants de Foucault à un couple proportionnel à la vitesse, les pertes par ventilation à un couple proportionnel au carré de la vitesse, etc.

Enfin il ne faudra pas oublier, dans la détermination de ces couples, de tenir compte du couple au décollage ou couple à la vitesse zéro, provenant de la plus ou moins grande adhérence prise au repos entre des pièces ayant entre elles une grande pression. Ces couples au décollage peuvent en effet avoir une très grande importance quand les pièces à mettre en mouvement atteignent des poids élevés.

Dans tous les cas il sera facile de déterminer graphiquement, en tenant compte des considérations ci-dessus, la courbe des couples résistants en fonction de la vitesse pendant le démarrage, ou tout au moins la courbe approchée supérieure qui, dans le calcul de l'énergie, ne peut donner qu'une erreur de sens plus.

Étude des couples moteurs en fonction de la vitesse pour les cas les plus usuels de démarrage. — Nous bornerons

notre étude aux cas principaux suivants, qui sont ceux que l'on rencontre le plus fréquemment.

1° *Démarrage des moteurs shunts et asynchrones par rhéostats métalliques à touches;*

2° *Démarrage des moteurs shunts et asynchrones par rhéostats à variation de résistance continue (rhéostats liquides);*

3° *Démarrage des moteurs série par rhéostats métalliques à touches.*

1er *Cas.* — La résistance totale du rhéostat R est alors déterminée pour obtenir sur le premier plot du rhéostat l'intensité I désirée. Cette intensité, qui devra être choisie la plus grande possible, est seulement limitée soit par les conditions de bonne conservation du moteur, soit par la pointe maximum qu'il est possible de demander au réseau; dans tous les cas elle devra être supérieure à l'intensité correspondant au couple résistant à la vitesse 0, faute de quoi on n'obtiendrait aucune accélération.

Aussitôt que le moteur commence à prendre de la vitesse, il prend une force contre-électromotrice e proportionnelle à cette vitesse ($e = K\omega$), et l'intensité décroît et est donnée à chaque instant par la formule :

$$i = \frac{E - e}{R} = I - \frac{e}{R} = I - \frac{eI}{E}$$

Si nous appelons C le couple correspondant à I, nous pouvons pratiquement admettre que

$$\frac{C}{I} = \frac{c}{i} = \frac{1}{K}$$

Si nous appelons Ω' la vitesse à vide du moteur sous la tension E on a :

$$\frac{\Omega'}{E} = \frac{\omega}{e} = \frac{1}{K};$$

on a donc :

$$K'c = K'C - \frac{K\omega K'C}{K\Omega'}$$

d'où

$$c = C - \frac{C\omega}{\Omega'}.$$

Telle est l'expression du couple moteur en fonction de ω sur la première touche du rhéostat. Comme on le sait, ce couple diminuera au fur et à mesure que ω augmentera, jusqu'à devenir égal au couple résistant, c_e qui d'ailleurs, comme il serait facile de le montrer, ne se produirait qu'au bout d'un temps infini. Avant donc d'avoir atteint cette égalité des couples moteurs et résistants on devra, pour obtenir une nouvelle accélération, diminuer la résistance du rhéostat en passant sur la touche suivante.

La nouvelle résistance du rhéostat sera déterminée par les mêmes considérations que la résistance totale, et le couple moteur sur la 2e touche, si on suppose que le couple initial sur cette 2e touche est le même que sur la 1re et si l'on appelle Ω_1 la vitesse du moteur au moment du passage, sera donné par la formule :

$$c = C - \frac{C(\omega - \Omega_1)}{(\Omega' - \Omega_1)}.$$

On passera à la 3e touche du rhéostat quand le couple sera de nouveau voisin du couple résistant et ainsi de suite.

Si l'on suppose encore que le couple résistant est constant quelle que soit la vitesse, ou plus simplement que l'on passe sur la touche suivante du rhéostat chaque fois que l'intensité tombe à une même valeur, on pourra repré-

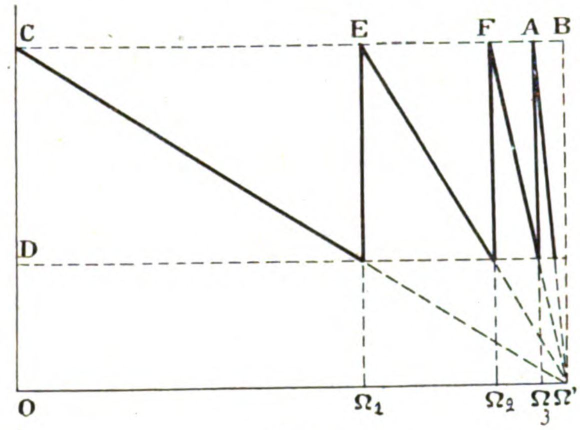


Fig. 2.

senter graphiquement le couple moteur comme il est indiqué sur la figure 2, dans laquelle AB représente la chute de vitesse du moteur à la charge correspondant au couple C.

Remarque. — On voit par ce diagramme que le nombre de plots du rhéostat dépend uniquement des rapports $\frac{OC}{OD}$ et $\frac{AB}{CB}$. Si nous appelons M le rapport $\frac{OC}{OD}$, on a :

$$BE = \frac{BC}{M} \qquad BF = \frac{BE}{M} = \frac{BC}{M^2} \qquad BA = \frac{BC}{M^3}$$

et en général

$$\frac{AB}{BC} = \frac{1}{M^{(N-1)}} = \frac{R+r}{r}$$

formule dans laquelle

N = nombre total des plots du rhéostat ;

R = résistance du rhéostat;

r = résistance intérieure du moteur.

On en tire

$$M = \sqrt[(N-1)]{\frac{R+r}{r}} \quad \text{et} \quad N = \frac{\log \frac{R+r}{r}}{\log M} + 1.$$

De même il est facile de voir que la résistance restant en circuit sur la n^{eme} touche est donnée par la formule

$$R_n = \frac{R+r}{M^{(n-1)}} - r.$$

2e *Cas.* — Dans ce cas la résistance du rhéostat et, par conséquent, le couple moteur peuvent varier d'une façon quelconque suivant la plus ou moins grande rapidité et régularité de la manœuvre, avec cette seule restriction que le couple moteur ne peut pas descendre au-dessous du couple résistant.

Cependant on peut considérer les deux manières les plus habituelles suivantes de régler la manœuvre du rhéostat :

1° On fait varier la résistance du rhéostat de façon à ce que l'intensité soit constante et on a alors :

$$C = \text{constante}.$$

2° On fait varier la résistance du rhéostat de façon à ce que l'accélération soit constante et on a alors :

$$C = C_R + \text{constante}.$$

3e *Cas.* — La résistance totale du rhéostat est déterminée comme dans le 1er cas, et comme dans le 1er cas aussitôt que le moteur commence à prendre de la vitesse, il prend une force contre-électromotrice *e* et à chaque instant on a :

$$i = \frac{E - e}{R} = I - \frac{eI}{E}.$$

Si nous appelons ω la vitesse du moteur quand il a une force contre-électromotrice *e* sous une intensité *i*, et Ω' la vitesse que prendrait le même moteur sous la tension *E* avec la même intensité *i* dans les inducteurs et une intensité nulle dans l'induit on a :

$$\frac{e}{E} = \frac{\omega}{\Omega'}.$$

On a donc :

$$i = I - \frac{\omega}{\Omega'} I.$$

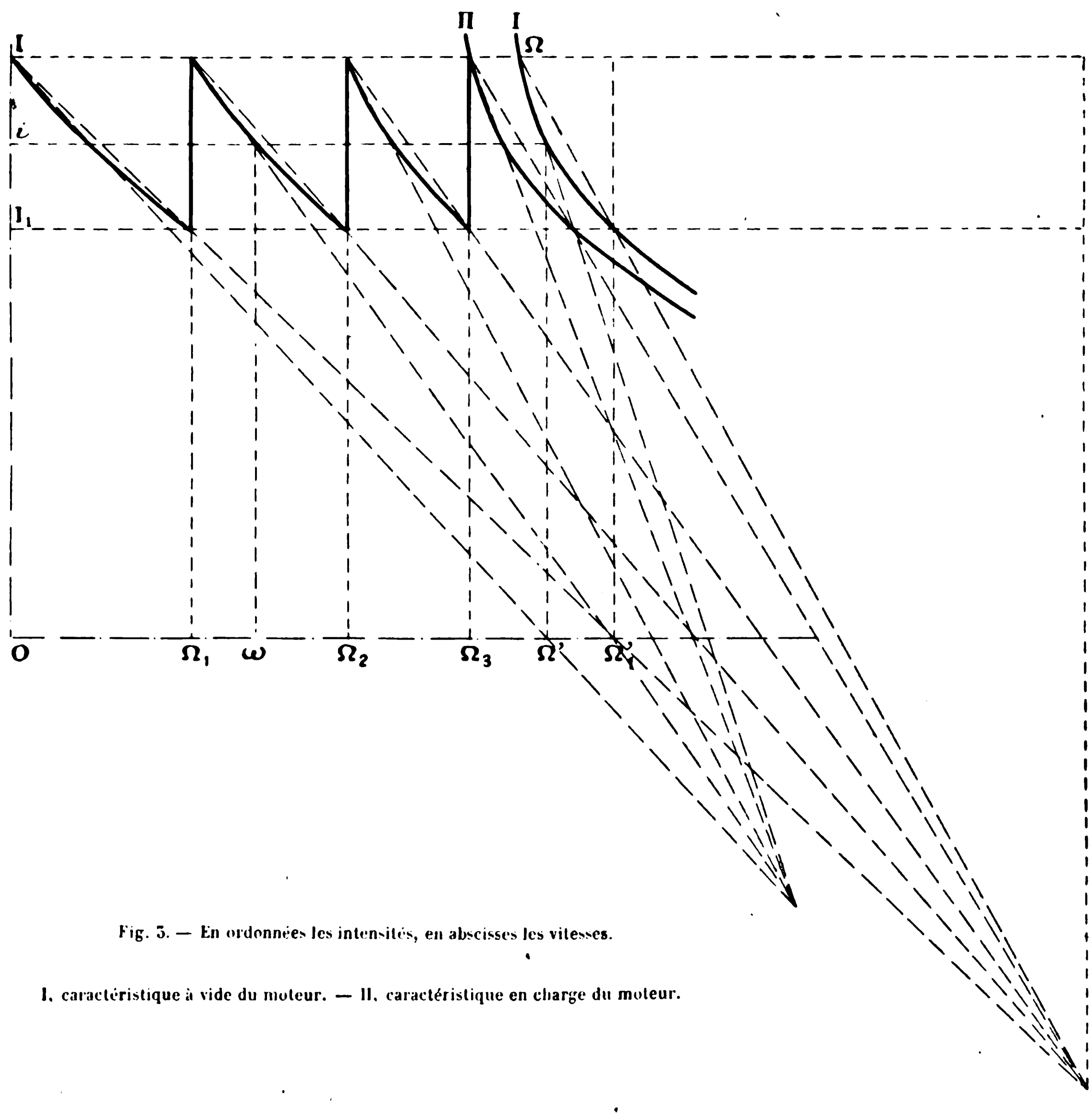


Fig. 5. — En ordonnées les intensités, en abscisses les vitesses.

I, caractéristique à vide du moteur. — II, caractéristique en charge du moteur.

Telle est l'expression de l'intensité en fonction de la vitesse sur la première touche du rhéostat.

Si nous supposons que l'intensité initiale sur le 2e plot est la même que sur le 1er plot, la résistance du rhéostat

à partir de ce 2e plot sera donnée par la formule

$$R_1 = \frac{E - E_1}{I}$$

dans laquelle E_1 représente la force contre-électromotrice du moteur à la vitesse Ω_1 et sous l'intensité I, la vitesse Ω_1 représentant elle-même la vitesse du moteur au moment du passage sur le 2e plot.

Or nous pouvons toujours écrire que

$$i = \frac{E - e}{R_1}.$$

Nous avons donc :

$$i = \frac{E - e}{E - E_1} I.$$

Mais on a :

$$E = k\Omega\Phi \qquad \text{et} \qquad E_1 = k\Omega_1\Phi,$$

Φ étant le flux du moteur à l'intensité I;

$$e = k\omega\varphi \qquad \text{et} \qquad E = k\Omega'\varphi,$$

φ étant le flux du moteur à l'intensité i.

On a donc :

$$\frac{i}{I} = \frac{\varphi}{\Phi}\frac{(\Omega' - \omega)}{(\Omega - \Omega_1)} = \frac{\Omega(\Omega' - \omega)}{\Omega'(\Omega - \Omega_1)}$$

d'où l'expression de l'intensité sur la 2e touche :

$$i = I\frac{\Omega}{\Omega'}\frac{(\Omega' - \omega)}{(\Omega - \Omega_1)}.$$

Si l'on suppose également dans ce cas que le démarrage s'effectue en faisant varier l'intensité toujours entre les mêmes limites I et I_1, l'expression générale de l'intensité en fonction de la vitesse sur une touche quelconque du rhéostat sera :

$$i_n = I\frac{\Omega}{\Omega'}\frac{(\Omega' - \omega)}{(\Omega - \Omega_{(n-1)})}$$

On pourra donc obtenir par le procédé graphique de la figure 3 le diagramme des intensités en fonction de la vitesse pendant le démarrage, d'où l'on tirera facilement le diagramme des couples connaissant la courbe des couples en fonction de l'intensité.

Détermination de formules donnant l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage pour quelques cas principaux. — Quoique le procédé graphique donné plus haut soit général et s'applique à tous les cas quelle que soit la forme des couples moteurs et résistant, il est quelquefois long à appliquer et il peut être intéressant, pour les cas qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique, de posséder une formule.

Nous allons établir ces formules pour trois principaux cas :

1° *Le couple moteur étant quelconque, le couple résistant est nul ou négligeable devant lui.*

On a alors :

$$dW = K_1\left(\frac{C}{C - O}\right)(\Omega - \omega)\,d\omega = K_1(\Omega - \omega)\,d\omega,$$

$$W_0^\Omega = K\int_0^\Omega (\Omega - \omega)\,d\omega = \frac{1}{2}K_1\Omega^2 \qquad (1)$$

2° *Le couple moteur est constant (rhéostat liquide) et le couple résistant est également constant mais non négligeable.*

On a alors :

$$W_0^\Omega = \frac{K_1 C}{C - C_R}\int_0^\Omega (\Omega - \omega)\,d\omega = \frac{1}{2}K_1\Omega^2\frac{C}{C - C_R} \qquad (1)$$

3° *Cas d'un moteur shunt ou asynchrone démarrant par rhéostat à touches et entraînant un système ayant un couple résistant constant mais non négligeable.*

Pour simplifier les calculs nous commencerons par établir la formule en supposant que la résistance de l'induit est négligeable devant la résistance du rhéostat;

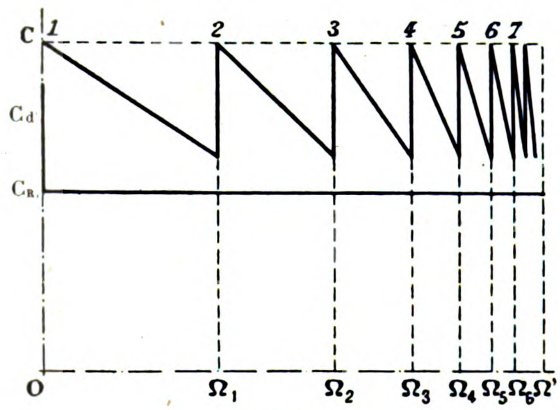


Fig. 4.

c'est-à-dire que dans l'expression du couple moteur nous ferons $\Omega' = \Omega$.

Nous verrons ensuite de quelle importance est l'erreur faite par cette supposition et comment devrait être modifiée la formule pour tenir compte de la différence entre Ω' et Ω.

Le diagramme donnant le couple moteur et le couple résistant en fonction de la vitesse pendant le démarrage étant celui représenté sur la figure 4, on a sur le plot $(n + 1)$, par exemple :

$$c = C - \frac{C(\omega - \Omega_n)}{\Omega - \Omega_n},$$

$$c_R = \text{constante} = kC,$$

et en introduisant ces valeurs de c et c_R dans la formule

$$W = K_1\int\frac{c}{c - c_R}(\Omega - \omega)\,d\omega + \text{constante}$$

(1) On remarquera que Ω représente la vitesse du moteur au moment où le rhéostat est mis en court-circuit et non la vitesse à vide du moteur.

on a :

$$W = K_1 \int \frac{C - C\frac{(\omega - \Omega_n)}{(\Omega - \Omega_n)}(\Omega - \omega)\,d\omega}{C - C\frac{(\omega - \Omega_n)}{(\Omega - \Omega_n)} - kC}$$

$$= K_1 \int \frac{(\Omega - \omega)^2}{(\Omega - \omega) - k(\Omega - \Omega_n)}\,d\omega.$$

Posons :

$$(\Omega - \omega) = x \quad \text{et} \quad k(\Omega - \Omega_n) = A\,;$$

on en déduit :

$$d\omega = -dx$$

et par conséquent

$$W = -K_1 \int \frac{x^2\,dx}{x - A}.$$

Posons encore :

$$x - A = u\,;$$

on en déduit :

$$dx = du \quad \text{et} \quad x^2 = (u + A)^2$$

d'où

$$W = -K_1 \int \frac{(u + A)^2}{u}\,du$$

$$W = -K_1\left[\int u\,du + \int 2A\,du + \int A^2\frac{du}{u}\right]$$

$$W = -K_1\left[\frac{u^2}{2} + 2Au + A_2 \log_e u\right]$$

En remplaçant u par sa valeur $(x - A)$ dans la formule ci-dessus, on obtient :

$$W = -K_1\left[\frac{(x - A)^2}{2} + 2A(x - A) + A^2 \log_e (x - A)\right]$$

En remplaçant x par sa valeur $(\Omega - \omega)$ et A par sa valeur $k(\Omega - \Omega_n)$ dans la formule ci-dessus, on obtient :

$$W = -K_1\Big[\frac{[(\Omega - \omega) - k(\Omega - \Omega_n)]^2}{2} \rightarrow$$
$$\rightarrow + 2(\Omega - \omega)k(\Omega - \Omega_n) - 2k^2(\Omega - \Omega_n)^2$$
$$\rightarrow + k^2(\Omega - \Omega_n)^2 \log_e (\Omega - \omega) - k(\Omega - \Omega_n)\Big]$$

d'où l'on tirerait :

$$W_{\Omega_n}^{\Omega_{(n+1)}} = K_1\Big[\frac{(\Omega_{(n+1)} - \Omega_n)(\Omega - \Omega_{(n+1)})}{2} \rightarrow$$
$$\rightarrow + k(\Omega_{(n+1)} - \Omega_n)(\Omega - \Omega_n)$$
$$\rightarrow + k^2(\Omega - \Omega_n)\log_e \frac{(1 - k)(\Omega - \Omega_n)}{(\Omega - \Omega_n)k(\Omega - \Omega_{(n+1)})}\Big]$$

Mais nous avons :

$$\frac{\Omega - \Omega_n}{\Omega - \Omega_{(n+1)}} = M,$$

d'où

$$\Omega - \Omega_n = \frac{(\Omega_{(n+1)} - \Omega_n)M}{M - 1}$$

et

$$\Omega - \Omega_{(n+1)} = \frac{(\Omega_{(n+1)} - \Omega_n)}{M - 1}.$$

On en déduit donc :

$$W_{\Omega_n}^{\Omega_{(n+1)}} = \frac{K_1(\Omega_{(n+1)} - \Omega_n)^2}{M - 1}\Big[\frac{1}{2} + \frac{M}{2} + kM \rightarrow$$
$$\rightarrow + \left(\frac{kM}{M - 1}\right)^2 \log_e \frac{(1 - k)M}{1 - kM}\Big].$$

Telle est l'expression de l'énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage pendant que la manette reste sur le plot $n + 1$. Pour obtenir l'expression de l'énergie totale absorbée dans le rhéostat de démarrage, il nous suffit de faire la somme des énergies sur chaque plot, soit

$$W_0^{\Omega} = \frac{K_1}{M - 1}\left[\frac{1}{2} + \frac{M}{2} + kM + \left(\frac{kM}{M - 1}\right)^2 \log_e \frac{(1 - k)M}{1 - kM}\right] \times$$
$$\times [\Omega_1^2 + (\Omega_2 - \Omega_1)^2 + (\Omega_3 - \Omega_2)^2 + \ldots]$$

$$W_0^{\Omega} = K_1\Omega^2 \frac{M - 1)}{M^2}\left[\frac{1}{2} + \frac{M}{2} + kM + \left(\frac{kM}{M - 1}\right)^2 \log_e \frac{(1 - k)M}{1 - kM}\right] \times$$
$$\times \left[1 + \frac{1}{M^2} + \frac{1}{M^4} + \frac{1}{M^6} + \ldots\right]$$

$$W_0^{\Omega} = K_1\Omega^2 \frac{(M - 1)}{M^2}\Big[\frac{1}{2} + \frac{M}{2} + kM \rightarrow$$
$$\rightarrow + \left(\frac{kM}{M - 1}\right)^2 \log_e \frac{(1 - k)M}{1 - kM}\Big]\left[\frac{M^2}{M^2 - 1}\right]$$

soit finalement

$$W_0^{\Omega} = K_1\Omega^2\left[\frac{1}{2} + \frac{kM}{M + 1} + \frac{(kM)^2}{M^2 - 1}\log_e \frac{(1 - k)M}{1 - kM}\right].$$

Telle est l'expression de l'énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage si l'on suppose la résistance de l'induit négligeable devant la résistance du rhéostat.

Voyons maintenant ce que devient cette formule si on ne néglige plus cette résistance de l'induit.

On a toujours :

$$W = K_1 \int \frac{c}{c - c_R}(\Omega - \omega)\,d\omega$$

et

$$c = C - \frac{C(\omega - \Omega_n)}{\Omega' - \omega_n}$$

mais on a, en appelant Ω'' la différence $\Omega' - \Omega$ au couple C :

$$\Omega = \Omega' - \frac{\Omega'' c}{C}$$

d'où

$$W = K_1 \int \frac{c}{c - c_R}\left(\Omega' - \frac{\Omega'' c}{C} - \omega\right)d\omega,$$

$$W = K_1 \int \frac{c}{c - c_R}(\Omega' - \omega)\,d\omega - \frac{K_1 - \Omega''}{C}\int \frac{c^2}{c - c_R}\,d\omega.$$

En remplaçant c et c_R par leurs valeurs, on déduit de cette formule :

$$W = K_1 \int \frac{(\Omega' - \omega)^2}{(\Omega' - \omega) - k(\Omega' - \Omega_n)} d\omega$$

$$- K_1 \frac{\Omega''}{\Omega' - \Omega_n} \int \frac{(\Omega' - \omega)^2}{(\Omega' - \omega) - k(\Omega' - \Omega_n)} d\omega$$

soit en intégrant

$$W_{\Omega_n}^{\Omega(n+1)} = \frac{K_1(\Omega_{(n+1)} - \Omega_n)^2}{(M-1)} \left[\frac{M+1}{2} + kM \longrightarrow \right.$$

$$\left. \longrightarrow + \left(\frac{kM}{M-1} \right)^2 \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \left[1 - \frac{\Omega''}{\Omega' - \Omega_n} \right]$$

Par sommation on en tire facilement, si on appelle N le nombre total des plots du rhéostat :

$$W_0^{\Omega} = \frac{K_1}{M-1} \left[\frac{M+1}{2} + kM + \left(\frac{kM}{M-1} \right)^2 \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \times$$

$$\times \Omega' \left(\frac{M-1}{M} \right)^2 \left[\frac{M^2(M^{2N}-1)}{(M^2-1)M^{2N}} - \frac{M(M^N-1)}{(M-1)M^N} \right]$$

soit

$$W_0^{\Omega} = K_1 \overline{\Omega'}^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{kM}{M+1} + \frac{(kM)^2}{M^2-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \times$$

$$\times \left[\frac{(M^{2N}-1)}{M^{2N}} - \frac{M^N-1}{M^{2N}} \times \frac{M-1}{M} \right].$$

Cette formule peut encore s'écrire en remarquant que

$$M^N = \frac{\Omega'}{\Omega' - \Omega}$$

c'est-à-dire, à très peu de chose près :

$$M^N = \frac{R}{r} = \frac{\text{Résistance totale induit plus rhéostat}}{\text{Résistance de l'induit}}$$

$$W_0^{\Omega} = K_1 \overline{\Omega'}^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{kM}{M+1} + \frac{(kM)^2}{M^2-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \times$$

$$\times \left[\frac{R-r}{R} \times \frac{RM-r}{RM} \right].$$

Telle est la formule qui donne l'expression de l'énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage si la résistance de l'induit n'est pas négligeable. On voit qu'elle ne diffère de la première que par le dernier coefficient.

Dans la pratique on pourra utiliser cette formule sous la forme suivante :

$$W = \Sigma \frac{PD^2N^2 \times \pi^2 \times 736}{9{,}81 + \overline{60}^2 \times 750 \times 100} \left[\frac{1}{2} + \frac{kM}{M+1} \longrightarrow \right.$$

$$\left. \longrightarrow + \frac{(kM)^2}{M^2-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \left[\frac{R-r}{R} \times \frac{RM-r}{RM} \right]$$

soit approximativement

$$W = \frac{\Sigma PD^2N^2}{4 \times \overline{10}^5} \left[\frac{1}{2} + \frac{kM}{M+1} + \frac{(kM)^2}{M^2-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \times$$

$$\times \left[\frac{R-r}{R} \times \frac{RM-r}{RM} \right]$$

dans laquelle,

W = Energie absorbée dans le rhéostat de démarrage en kw-secondes.

P = Poids des différentes parties tournantes en kilogrammes.

D = Diamètre de giration des différentes parties tournantes en mètres.

N = Vitesse des différentes parties tournantes à vide et et en tours par minute.

R = Résistance ohmique totale en circuit (rhéostat plus induit).

r = Résistance ohmique de l'induit.

M = Rapport entre l'intensité maximum et minimum sur chaque plot.

k = Rapport entre l'intensité correspondant au couple résistant et l'intensité maximum sur chaque plot.

Remarque. — On doit toujours avoir

$$M < \frac{1}{k}.$$

J. SAINT-GERMAIN.

APERÇU HISTORIQUE

DES

CONNAISSANCES ÉLECTRIQUES

Au moment où les applications industrielles de l'électricité prennent une extension des plus remarquables, il n'est pas sans intérêt de jeter un instant les yeux en arrière pour jalonner le chemin parcouru et distinguer, dans la genèse de cette science, la longue période où, ignorée du nombre, elle compta sans doute parmi les sciences occultes, jusqu'au jour où, fondée enfin sur une trame d'expériences raisonnées et mises en calculs, elle devait progresser à pas de géant.

Les religions les plus parfaites s'accordent, dans leurs mythes, pour reconnaître que l'orgueil fut le plus grand péché de l'homme, qui, toujours en quête de progrès, n'a cessé de sonder la nature pour lui arracher ses secrets, la soumettre ainsi à sa fantaisaie.

Dans la mythologie grecque, la légende de Prométhée et la légende d'Icare nous dévoilent les plus sublimes désirs de l'humanité, voulant maîtriser la foudre et voler comme l'oiseau, et qui, peut-être lasse d'être déçue, a forgé alors ses désirs irréalisés.

Mais le désir d'Icare et celui de Prométhée sont, aujourd'hui, presque satisfaits; car si l'homme ne vole pas encore, du moins il plane comme l'aigle, et s'il ne peut, du feu dérobé au ciel, donner la vie à une création de ses mains, il a su dériver les colères de Zeus et s'en préserver. Dans l'ordre de sa petitesse, l'homme sait reproduire les causes de la foudre, il sait les diriger, il sait s'en servir. S'abstraire des lois de l'aveugle pesanteur, produire et domestiquer la foudre, toutes aspirations que l'antiquité a traduites dans ses légendes, ne sont plus maintenant, pour l'homme, des secrets impénétrés.

Même de la pierre philosophale, ce désir si matérialiste des alchimistes du Moyen Age, la recherche semble remise en problème, par la découverte du radium venue, hier à peine, troubler nos conceptions sur l'unité de la matière et sur la dualité de la matière et de l'énergie.

Le progrès des sciences si longtemps confuses va s'accélérant chaque jour, amenant, à chaque étape, des inventions nouvelles qui révolutionnent nos idées et tendent à modifier les conditions matérielles de notre existence.

Parmi ces sciences l'électricité tient la première place; vu sa nouveauté et la diversité de ses applications, la génération qui passe reste comme éblouie d'en avoir vu sortir tant de merveilles, les générations qui montent voient un large avenir ouvert devant les courtisans de cette fée mystérieuse.

L'électricité est, de toutes les sciences physiques, la dernière venue, bien que la plus effrayante manifestation électrique, la foudre, soit de tous les phénomènes sensibles à l'homme celui qui a le plus frappé son imagination.

Cela mène à penser que les phénomènes électriques non plus que les phénomènes magnétiques ne sont pas complètement restés inaperçus des générations anciennes. Les Chinois, dit-on, auraient depuis longtemps connu la boussole, voire même le télégraphe, et il ne m'étonnerait point que les Chaldéens et les Égyptiens, dont Moïse fut l'élève, aient aussi possédé, dans leur magie, quelques connaissances analogues, car on reste perplexe à la lecture des merveilles racontées par les livres de Moïse et de Samuel.

Entre autres, on peut rapprocher : l'arche sainte, telle un condensateur, avec ses armatures métalliques (1); la nuée qui, le jour, et le feu qui, la nuit, apparaissent parfois sur le tabernacle (2) ; le feu sorti de devant l'Éternel pour frapper les fils d'Aaron (3); la tiare et la tunique du lévite, couvertes d'ornements métalliques qui se succèdent jusques à terre (4). Combien tout cela fait penser à un condensateur, qui, puisant dans le ciel, par l'effluve ou l'étincelle, une charge électrique, eût été mortel au profane que tiare et tunique conductrices, formant cage de Faraday, n'eussent point protégé contre ses décharges.

Ce ne sont certes là que des présomptions, puisque, trop jaloux peut-être de conserver pour leur pouvoir leurs rudiments de science, les mages ne nous ont laissé, sur leurs connaissances, aucun corps de doctrine scientifique.

Quoi qu'il en soit, les Grecs furent assez ignorants des phénomènes électriques. Au temps de Thalès de Milet, les premiers maîtres de notre civilisation européenne savaient-ils, tout au plus, d'un morceau d'ambre frotté, (ἤλεκτρον) attirer les corps légers. Par une ironie qui serait singulière, s'ils ont été moins savants que d'autres plus anciens, c'est cependant aux Grecs que les phénomènes du genre ont emprunté le nom de phénomènes *électriques*.

Après les Grecs la science va s'engourdir pour de longs siècles; elle restera muette sur le sujet qui nous occupe. Les savants, même ceux qui ont fondé notre mécanique : Archimède, Galilée, Newton, l'auteur de la loi des attractions des masses, ne paraissent pas s'être attachés à des recherches dans l'ordre électrique. Il nous faut parvenir au XVIe siècle environ, pour voir les chercheurs s'y intéresser à nouveau. Mais tant que l'homme n'a su forger des instruments pour suppléer aux défauts de ses sens normaux, il n'a pu coordonner les secrets arrachés par bribes à la nature, et au gré du hasard, par quelques hommes d'élite.

L'époque moderne. — Aussi, malgré les expériences de Gilbert, qui étudie les propriétés déjà connues des Grecs; celles de Gray, qui distingue les corps en bons et mauvais conducteurs; celles de Dufay, qui invente le pendule électrique, et enfin celles de Wilke, qui, en généralisant, sépare, hors du verre et de la résine, deux natures d'électricité, l'une positive, l'autre négative, les résultats acquis restent imprécis, tant il est vrai qu'une science physique ne se précise qu'au jour où on parvient à lui appliquer les spéculations du calcul mathématique.

On resta dans le vague tant que Coulomb n'eut pas inventé sa balance pour peser (1785), malgré les mystères de leur essence, les attractions ou répulsions des masses électriques. Les balles de sureau électrisées se plièrent alors, comme les astres, à la grande loi exprimée par Newton. Malheureusement, dans l'ordre industriel du moins, c'en est fait de tout progrès de l'électrostatique; l'homme n'en a tiré que les propriétés du condensateur (bouteille de Leyde) et le paratonnerre, qui se perfectionnera par les remarques de Faraday et de Melsens. Hormis cela, rien de grand n'est sorti de l'étude des phénomènes électrostatiques, car les machines basées sur eux ne sont pas capables d'une énergie appréciable susceptible d'une utilisation industrielle.

La remarque de Galvani (1786) a ouvert, par bonheur, une nouvelle voie aux études. Volta, en trouvant la pile, crée le premier appareil capable de maintenir une diffé-

(1) Ils feront donc une arche de bois de Sittim, sa longueur sera de 2 coudées 1/2, sa largeur d'une coudée 1/2 et sa hauteur d'une coudée 1/2. Tu la couvriras d'or pur; tu la couvriras par dedans et par dehors et tu mettras dessus un couronnement d'or tout autour; et tu mettras en l'arche les témoignages que je te donnerai (*Exode*, chap. XXV).

(2) Or, pendant toute la marche, quand la nuée se levait de dessus la demeure, les enfants d'Israël partaient, mais si la nuée ne se levait point, ils ne partaient point. Car la nuée de l'Éternel était sur la demeure pendant le jour et le feu y était la nuit aux yeux de toute la maison d'Israël pendant toute leur marche (*Exode*, chap. XI).

(3) Voy. les *Nombres*, chap. IX et chap. XVI. — Or les fils d'Aaron Nadab et Abihu, prirent chacun leur encensoir, y mirent du feu, posèrent du parfum dessus et offrirent devant l'Eternel un feu étranger, ce qu'il ne leur avait point commandé. Et un feu sortit de devant l'Eternel et les dévora, et ils moururent devant l'Éternel. (*Lévitique*, chap. X).

Or quand ils furent venus jusqu'à l'aire de Nacou, Ussa porta la main sur l'arche de Dieu, la saisit, parce que les bœufs regimbaient, et la colère de l'Éternel s'embrasa contre Ussa et Dieu le frappa à cause de sa témérité et il mourut là près de l'arche de Dieu (*II Samuel*, chap. V).

(4) Voy. L'*Exode*, chap XXVIII. — l'éphod, le pectoral et autres vêtements sacrés.

rence d'état électrique. La pile est le moyen d'une cause permanente pouvant produire un déplacement électrique continu, en comparaison des phénomènes instantanés des décharges statiques. Grâce à cette source électrique le champ est ouvert aux recherches; déjà Carlisle et Nicholson, Cruikshank (1800), Berzélius (1805), Davy (1806) décomposent l'eau par la pile, et amorcent ainsi la liaison des phénomènes électriques avec les phénomènes chimiques. Le voltamètre va permettre à son tour de peser les intensités du phénomène qu'on nomme le courant électrique; on est sur la voie de l'électro-chimie dont plus tard Faraday exprimera les principes. Avec Jacobi et Spencer (1838) naissent la galvanoplastie et ses applications, l'électrochimie va peu à peu entrer dans le champ de nos connaissance industrielles.

Entre temps Œrstedt (1819) a remarqué l'action des courants sur les aimants, les phénomènes électriques vont être reliés aux phénomènes magnétiques. De l'écheveau embrouillé des expériences particulières, la vision nette du géomètre Ampère (1820) dégage quel doit être le sens de l'action du courant électrique sur l'aiguille aimantée.

Sur la convention d'Ampère, Biot et Savart expérimentent, tandis que Laplace calcule, en vue de soumettre aux lois de notre mécanique ces phénomènes d'actions à distance. L'expérience confirme la formule d'action pressentie par Laplace, et des idées nouvelles se font jour.

On a dès lors, grâce au galvanomètre, un second moyen de mesurer les courants, et des propriétés des solénoïdes où Ampère synthétise les actions magnétiques réciproques des courants sort un nouvel appareil de mesure, l'électro-dynamomètre.

Les tentatives d'application de ces découvertes se manifestent; Gauss et d'autres physiciens pensent aux courants galvaniques pour la transmission des signaux. Ampère trouve une solution électrique du télégraphe par le moyen de cadrans et d'aiguilles aimantées; elle réussit mieux que celle des pendules électriques de Lesage, et celle des voltamètres de Sommering. Il faudra, cependant, qu'après l'idée de l'électro-aimant due à Ampère et à quelques autres, et après l'idée de Steinheil d'adopter la terre comme conducteur de retour, Morse fasse breveter un électro-aimant et réalise le premier appareil vraiment pratique de télégraphie électrique. Dans cette voie, maintenant, les inventions ne se comptent plus.

A dater d'Ampère les physiciens furent en possession des principes d'appareils divers permettant de mesurer les grandeurs électriques; Ohm, Faraday, Kirchoff, Joule, et combien d'autres vont pouvoir étudier les lois du courant. Ohm liera l'effet à la cause soit, pour un circuit donné, le courant produit à la force électromotrice. Kirchoff sera plus général encore, et Joule, mettant en évidence l'expression de la puissance électrique en circuit, montrera que le déchet de cette puissance est intégralement transformé en chaleur; il se trouvera ainsi d'accord avec Nicolas Carnot, le père de la thermodynamique, pour dégrader la chaleur au dernier rang des formes de l'énergie.

Avec l'électro-aimant et les piles quelques applications ont pu naître, sonneries, télégraphe et divers; puis, en 1837, Page et de la Rive apercevront le principe de la plaque vibrante du téléphone; Froment et Bourseul, en 1864, poseront le principe du microphone; ce ne sera toutefois qu'après Graham Bell et Hughes que le téléphone électrique sera devenu d'une application courante.

Mais ce ne sont encore là que les prémisses de l'aurore de la grande industrie électrique. Celle qui va bouleverser les conditions industrielles du siècle de la vapeur est en germe dans la magnifique loi de l'induction, que Faraday exprima en 1832. Après lui, on sait comment réagissent les uns sur les autres les champs électromagnétiques, et quelles perturbations apportent, dans les circuits électriques, les variations des champs magnétiques qu'ils embrassent.

Lenz, à son tour, fait rentrer le phénomène formulé par Faraday dans le principe de la conservation de l'énergie qui voisine si profondément avec celui de l'inertie et celui de l'indépendance des forces, dus tous deux à Galilée, le père de la dynamique.

Avec une généralité inattendue, les hautes spéculations de Maxwell devaient donner aux théories électriques une ampleur et une généralité inattendues.

Jusqu'alors les piles, seules sources électromotrices connues, n'ont pu fournir l'énergie à bon compte en raison du prix des matières qu'elles brûlent, et rien que pour ce fait la découverte de Davy (1806), l'arc électrique, embryon du four électrique, restait sans application. Mais après Faraday l'électricité triomphante va pouvoir sortir du domaine des laboratoires pour conquérir sa place à pas de géant, dans toutes les branches de l'industrie, dans toutes les manifestations de l'activité humaine.

Il suffira pour cela du génie réalisateur de Gramme et Pixii, après Paccinotti, et leur intuition pratique d'utiliser les phénomènes d'induction à la production des courants, pour que naissent (1868) les alternateurs, puis grâce au commutateur tournant (collecteur) la machine à courant continu (1869) et enfin en 1872 des machines industriellement utilisables dont l'exposition de Vienne en 1873, l'expérience de M. Marcel Desprez et le transport d'énergie de Lauffen à Francfort, consacreront la valeur.

Par oscillations les courants alternatifs, le courant continu ont eu tour à tour la faveur des électriciens, jusqu'au jour où Gaulard, trouvant dans l'induction le principe du transformateur, en germe déjà dans la bobine d'induction de Masson et Ruhmkorff, avait assuré définitivement l'avantage aux courants alternatifs.

Avec le transformateur, le transport de l'énergie ne se reconnaît plus limité par la distance.

Mais la science électrique s'élaborait, comme une moderne tour de Babel, par le concours d'artisans mesurant chacun à son aune, et parlant chacun sa langue. La sagesse d'un premier congrès international des électriciens apporta heureusement en 1881, par la création du sys-

tème d'unités C. G. S. et celui d'un système pratique qui en dérivait, le remède nécessaire à une situation aussi embrouillée.

Ce congrès et ceux qui suivirent eurent à cœur d'élever dans la science électrique un monument impérissable à la gloire de ceux qu'ils estimèrent avoir été les meilleurs artisans du progrès.

Ainsi Coulomb, Volta, Ampère, Ohm, Joule, Watt, Faraday, Maxwell, Gauss, Henry passeront à la postérité en laissant leur nom à une unité du système pratique universellement admis.

Grâce aux efforts d'une pléiade de savants et d'ingénieurs, l'électricité est maintenant partout, elle progresse chaque jour, pénétrant petit à petit les industries qui semblaient les plus rebelles à sa conquête. Et tout son domaine d'applications : actions à distance, télégraphie, téléphonie, éclairage, transport d'énergie, traction, électrochimie, électrométallurgie, radiographie, lumière froide, télégraphie sans fil, téléphonie sans fil, etc., tout cela ne dépasse-t-il pas de ses réalités les plus merveilleuses inventions de Shéhérazade, dans les contes des Mille et une nuits.

Au laboratoire comme dans l'industrie, l'électricité et le magnétisme ont pris une large place dans l'ordre des choses mécaniques, physiques et chimiques.

Mais, vu l'état de nos connaissances actuelles, on effleure à peine la liaison de la physiologie avec la dualité indivise de l'électromagnétisme.

Quelles merveilles l'avenir nous réserve-t-il sur ce point, et, quoi qu'il arrive, qui donc en serait surpris?

CH. MARSOLLIER.

QUELQUES NOTES

SUR LA

FIXATION DE L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE

L'un des plus importants problèmes qui soient posés actuellement à l'Électrochimie, consiste dans la fixation de l'azote atmosphérique en vue de satisfaire aux besoins croissants et impérieux de l'agriculture. L'azote, l'un des facteurs essentiels de la vie des plantes, est puisé de façon continue dans le sol qui doit trouver par l'engrais, d'origine animale ou minérale, une récupération pour le moins proportionnée à son appauvrissement.

L'engrais animal devenu insuffisant, on recourut à certains nitrates naturels et plus particulièrement au salpêtre du Chili.

Toutefois la consommation mondiale de ce nitrate qui, en 1850, ne dépassait pas 250000 tonnes, atteint actuellement près de 2000000 de tonnes et l'on doit estimer qu'avant vingt ans, les gisements actuels seront entièrement et irrémédiablement épuisés. On trouve d'ailleurs la vérification de ce fait dans le renchérissement significatif du nitrate de Chili, dont le prix au cours de ces deux dernières années, s'est accru, en Allemagne, de près de 40 pour 100.

Quant aux guanos du Pérou, l'épuisement de leurs gisements est notoire, et, en ce qui concerne les ordures ménagères dont l'utilisation a été proposée, elles n'ont été jusqu'ici l'objet d'aucun processus de transformation satisfaisant.

Il a été également proposé l'introduction, en agriculture, des sels ammoniacaux qui constituent le sous-produit important de nombreuses industries chimiques et métallurgiques : fabrication du gaz d'éclairage, traitement des eaux de vidange, épuration des gaz de gazogènes, épuration des gaz de hauts fourneaux, fabrication du coke métallurgique, distillation de la tourbe, etc.

Il semble bien cependant que l'agriculture ne puisse se satisfaire exclusivement d'azote ammoniacal et la statistique montre, à cet égard, que ce corps ne se substitue à l'azote nitrique dans cette fonction que partiellement, à peu près dans le rapport de 1 à 4, sauf en Allemagne où, en 1904, ce rapport a atteint exceptionnellement 2 à 5.

Si l'on observe maintenant que l'atmosphère où baigne le globe terrestre détient à elle seule $4{,}057 \cdot 10^{15}$ tonnes d'azote, on concevra sans efforts que la nécessité s'impose impérieusement de découvrir un procédé industriel de fixation de l'azote atmosphérique.

Les diverses méthodes électriques proposées dans ce but consistent à faire jaillir l'arc dans une enceinte remplie d'air pur ou additionné de 30 pour 100 d'oxygène. Ce mode opératoire renouvelle sous une forme peu différente l'expérience réalisée pour la première fois, il y a plus d'un siècle, par Priestley et Cavendish.

Quoi qu'il en soit, sous l'influence des ondes électriques, les molécules Az^2 et O^2 ionisées s'unissent pour former des oxydes d'azote exothermiques, sauf le bioxyde qui est endothermique conformément à l'équation classique.

$$\underset{28\text{ gr}}{Az^2} + \underset{32\text{ gr}}{O^2} + 2 \times 21\,600\text{ C } (500\text{ w-h}) = \underset{2\,.\,30\text{ gr.}}{2\,.\,Az\,O}$$

Il suffit ensuite de procéder à une oxydation et une hydratation de ces oxydes, en présence de l'eau et de l'air en excès, pour les transformer en acide nitrique.

Ainsi, l'énergie électrique dépensée doit trouver son équivalent calorifique dans la quantité de chaleur nécessaire à la formation du bioxyde d'azote aussi bien que dans celle dissipée par effet Joule, au cours de la décharge.

Il convient de noter cependant que le rendement de l'opération est influencé par plusieurs facteurs tels que la température de réaction, la fréquence de la décharge et l'intensité du courant absorbé par l'arc.

C'est ainsi par exemple, que MM. Dougall et Howles ont obtenu 35,6 gr d'acide nitrique par kw-h avec un arc de 0,2 ampère jaillissant entre électrodes, alors que MM. Mosciki et de Kowalski ont atteint, toutes autres

choses égales, 45,3 gr d'acide en appliquant des décharges oscillantes de l'ordre de 5000 périodes par seconde. Ces derniers expérimentateurs, au cours de leurs recherches sur les conditions de rendement maximum, sont d'ailleurs parvenus à produire 52 à 55 gr d'acide nitrique par kw-h, avec un courant de 0,05 ampère, une différence de potentiel de 50000 volts et une fréquence de 10000 périodes par seconde.

Quant à l'influence de la température sur la réaction, il semble, d'après les récentes études de Nernst, que la proportion de bioxyde d'azote augmente avec l'échauffement, bien qu'on doive compter pratiquement avec la réversibilité de la réaction qui restitue invariablement les composants dès que l'oxyde est refroidi.

Nous résumerons maintenant très brièvement les procédés qui sont actuellement offerts à l'industrie d'après les principes que nous venons d'exposer :

Procédé Birkeland et Eyde. — Ce procédé, appliqué par la Société Norvégienne de l'azote, consiste à faire jaillir l'arc à l'intérieur d'une enceinte réfractaire entre deux tubes de cuivre de 15 mm de diamètre et refroidis par une circulation d'eau. Ces électrodes sont placées dans un champ magnétique de 5000 gauss environ qui souffle l'arc, augmentant ainsi le nombre d'interruptions et améliorant le rendement. Les vapeurs nitreuses à leur sortie des fours, sont dirigées vers des chambres d'oxydation et d'hydratation et l'acide recueilli est immédiatement converti en azotate de calcium. Les essais de rendement ont révélé la production de 50 mg d'acide nitrique par litre de gaz sortant des fours et mesuré aux conditions initiales de température et de pression. Un tel rendement correspondrait à la production de 800 kg d'acide par kw-an. Ce chiffre semble assez majoré ; une production de 600 kg serait sans doute plus conforme à la réalité.

La Badische Aniline und Soda Fabrik, qui applique également ce procédé, a modifié le dispositif d'insufflation de telle sorte que l'air soufflé tangentiellement par une série de tuyères contourne l'arc en spirale.

En outre, les armatures en cuivre ont été remplacées par deux tubes de verre tapissés sur leur périphérie interne par une spirale de fil de cuivre reliée à un chapeau métallique formant électrode.

Procédé Bradley et Lovejoy. — Ces expérimentateurs se sont appliqués à découvrir un dispositif qui assure la plus grande surface de contact possible entre l'arc électrique et l'air traité. Il semble en effet qu'une telle disposition soit avantageuse pour un double motif ; augmentation sensiblement proportionnelle à la surface de l'arc, de la quantité de bioxyde d'azote produit ; chute de température rapide dès formation de cet oxyde, par son mélange à un excès d'air froid et par suite élimination partielle des causes de dissociation mentionnées ci-dessus.

L'appareil est constitué par une série d'électrodes rayonnant autour d'un arbre vertical animé d'un mouvement de rotation rapide. Ces électrodes mobiles tournent ainsi à l'intérieur d'électrodes fixes disposées sur la périphérie d'un cylindre concentrique à l'arbre. On applique au système mobile une vitesse angulaire telle que la durée des arcs ne soit pas supérieure à 1/20000e de seconde.

Les résultats publiés au sujet du rendement de cet appareil sont contradictoires. Il est cependant possible d'affirmer que l'usine du Niagara, où ce procédé a été appliqué industriellement, a cessé de fonctionner peu d'années après sa création.

Procédé de Kowalski et Mosciki. — Ce procédé, qui, comme il a été dit ci-dessus, consistait tout d'abord dans l'application de décharges oscillantes, a dû être abandonné en raison des difficultés qui font invariablement suite à l'installation de batteries de condensateurs électriques de quelque importance.

Pour ces raisons M. Mosciki, rejetant son idée première, a proposé l'emploi d'un appareil composé de deux tubes verticaux en cuivre de fort diamètre disposés concentriquement et formant électrodes.

Le tube extérieur est refroidi par une circulation d'eau, tandis que l'arc amorcé par un épaulement à la partie inférieure de l'appareil s'élève sous l'effet du courant d'air chaud qu'il engendre, en tournant autour des électrodes par l'action d'un champ magnétique puissant issu d'une bobine enroulée concentriquement.

La vitesse de rotation de l'arc est réglable par la modification de l'intensité du champ magnétique, de sorte que les oxydes azoteux produits peuvent être soumis à un refroidissement rapide et énergique, grâce à la constitution des électrodes et au courant d'air froid qui traverse la chambre de réaction. L'auteur a pu ainsi produire 60 gr d'acide azotique par kw-h dans un appareil d'essai de 25 kw environ.

Procédé Franck et Caro. — Ce procédé, sensiblement différent des précédents, n'utilise pas l'arc électrique directement, il consiste simplement à faire passer un courant d'azote obtenu par distillation fractionnée de l'air liquide ou par toute autre combinaison, sur du carbure de calcium chauffé dans des cornues de terre réfractaires analogues à celles qui sont couramment employées dans les usines à gaz.

Dès que l'absorption du gaz par le carbure a cessé, phase qu'il est facile de constater par l'arrêt de la cloche du gazomètre, la matière est extraite des fours, refroidie à l'abri de l'air et pulvérisée. Elle est théoriquement formée de cyanamide calcique et de carbone, conformément à la réaction.

$$CaC^2 + Az^2 = CaCAz^2 + C.$$

Ce mélange, désigné commercialement sous le nom de chaux azotée, fournit, après épandage sur le sol, des produits ammoniacaux susceptibles de remplacer avan-

tageusement les engrais de cette catégorie qui sont, à l'heure actuelle communément employés.

Au point de vue du rendement offert par ce procédé on trouve après calcul que 300 à 400 kg d'azote atmosphérique peuvent être fixés par kw-an : l'énergie électrique étant alors employée indirectement à la production du carbure de calcium.

Conclusions. — Il résulte des chiffres précédents que, eu égard aux prix de vente actuels des engrais azotés, la fixation de l'azote atmosphérique reste une opération rémunératrice.

L'azotate de calcium étant vendu au prix du nitrate du Chili (la teneur en azote étant sensiblement la même dans les deux corps), le bénéfice ressort à 0,30 fr par kilogramme d'azote, soit 33,3 fr par kw-an. Le procédé Franck et Caro est à cet égard plus avantageux encore, puisqu'il permet la fixation de 400 kg d'azote assurant ainsi un bénéfice de 40 fr par kw-an.

A.-R. Garnier.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 19 mai 1913.

Sur les précautions à prendre pour l'emploi de la résonance dans les essais de câbles électriques destinés à de hautes tensions, par M. André Léauté. — Les expériences que je poursuis depuis un an sur l'emploi de la résonance pour l'essai des câbles à haute tension m'ont montré que la méthode indiquée précédemment [1] peut être appliquée sans danger, à condition qu'on prenne certaines précautions pour ne pas déséquilibrer la phase du réseau sur lequel on opère.

Appelons C la capacité du câble dont on veut essayer un conducteur par rapport à la terre ; soit L le coefficient de self de la bobine utilisée et ω la pulsation du fondamental. Les résistances sont négligeables, malgré qu'il faille, comme l'a montré M. Blondel [2] tenir compte de l'hystérésis et des courants de Foucault dans leur évaluation ; on doit donc, pour un essai au double de la tension normale, réaliser très sensiblement l'une des relations

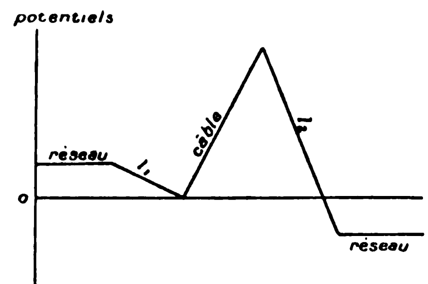
$$L\omega = \frac{1}{2C\omega} \quad \text{ou} \quad L\omega = \frac{3}{2C\omega}.$$

Il est facile de voir que la seconde seule est compatible avec le maintien de l'équilibre sur le réseau.

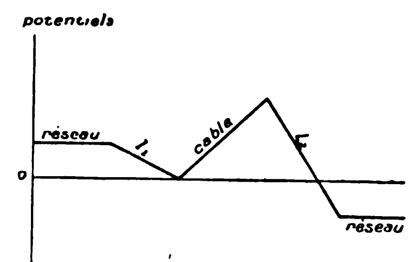
Encore doit-on éviter d'appliquer brusquement sur le câble le double de la tension de service. On constitue donc L de deux parties l_1 et l_2 placées de part et d'autre du câble, l_1 du côté du plomb, l_2 de l'autre côté, et, au moyen d'un commutateur spécial adjoint à l'appareil, on fait varier progressivement l_1 de $\frac{1}{2C\omega^2}$ à $\frac{1}{4C\omega^2}$ et l_2 de $\frac{3}{2C\omega^2}$ à $\frac{5}{4C\omega_2}$; la phase peut ainsi rester équilibrée, comme le montre le schéma ci-dessous :

Cette manœuvre n'est possible que si l'on dispose au départ d'une self-induction double de la self de résonance, c'est-à-dire si le câble a une très grande longueur.

Quand il n'en est pas ainsi, on fait fonctionner l'appareil comme un transformateur à résonance en divisant la bobine



Distribution finale



Distribution initiale

en deux parties, qui agissent l'une sur l'autre par induction. L'équilibre du réseau est, dans ce cas, assuré ; mais, en revanche, si l'on ne prédétermine pas quel doit être le rapport des nombres de spires primaires et secondaires, on court le risque d'appliquer sur le câble une différence de potentiel supérieure à celle qui est prescrite. Or, cette prédétermination est rendue difficile par le fait que, pour appliquer ici la théorie du transformateur à résonance [1], il faut considérer les coefficients d'induction L_1, L_2, M comme dépendant du flux d'induction, ce qui crée une grande complication. L'appareil travaille, en effet, en pleine saturation, les ampères-tours primaires étant très petits vis-à-vis des secondaires.

J'ai constaté qu'on arrivait à de très bons résultats en donnant au secondaire le nombre de spires qui, à elles seules, montées en simple bobine de self-induction, feraient résonner le câble. Dans ce cas, on a le droit, puisque les ampères-tours primaires sont négligeables, de simplifier les équations du transformateur au moyen de la relation

$$L_2\omega^2 C = 1. \qquad \text{(E)}$$

J'ai d'ailleurs observé que si le courant est fourni, non par un réseau à tension fixe, mais par un transformateur à forte chute de tension, la différence de potentiel pri-

(1) André Léauté, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. II, 3e série, p. 45.

(2) André Blondel, *Éclairage électrique*, t. LI, 1907.

(1) A. Blondel, *Éclairage électrique*, t. LI, 1907. — Béthenod, *Ibid*, t. LIII. — Voir aussi l'étude de Fleming et celle de Seibt, *E. T. Z.*, 7 avril 1904.

maire prend spontanément une valeur telle que la relation (E) soit vérifiée. Par suite de cette simplification, le rapport $\frac{U_2}{U_1}$ des différences de potentiel aux bornes du secondaire et du primaire revêt la forme simple

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{M\omega^2 C},$$

et les trois relations

$$L_2\omega^2 C = 1, \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{M\omega^2 C}, \quad I_2 = C\,\omega\, U_2$$

m'ont toujours permis de déterminer avec exactitude, au moyen de courbes qui sont tracées à l'avance, les nombres de spires produisant aux bornes du câble la tension voulue.

Grâce aux précautions que je viens d'énumérer et en me servant de l'appareil que j'ai construit dans ce but et qui vient de figurer à l'exposition de la Société de Physique [1], j'ai pu réaliser un nombre déjà assez considérable d'expériences, dont les principales ont été résumées dans le tableau suivant :

CABLE A ESSAYER			ALIMENTATION		ESSAI		
DÉSIGNATION.	LONGUEUR EN M.	CAPACITÉ EN MICROFARAD.	FRÉQUENCE EN P : S.	TENSION EN V.	TENSION EN V.	PUISSANCE APPARENTE EN KV-A.	MONTAGE.
Diphasé. . .	750	0,180	50	10 000	21 000	23	Bobine
Triphasé . .	940	0,137	50	9 000	20 000	18	Transform.
Triphasé . .	940	0,137	50	6 000	28 000	35	—
Triphasé . .	1 000	0,150	50	5 000	12 200	8	Bobine
Diphasé. . .	1 000	0,240	50	11 500	20 000	30	—
Diphasé. . .	1 289	0,160	42	12 300	25 900	27	—
Triphasé . .	2 000	0,300	50	5 000	10 800	12	—
Triphasé . .	2 800	0,184	42	11 800	25 000	26	—
Triphasé . .	8 400	1,228	53,3	7 500	20 500	180	—
Triphasé . .	12 400	1,812	53,3	7 500	10 500	250	—

On voit par cette liste qu'on peut atteindre, pour des longueurs de 10 km, des tensions de 20 000 à 30 000 volts. Ces valeurs suffisent aux besoins actuels de l'Electrotechnique, de sorte que, pour le moment, le problème de l'essai des canalisations souterraines à une tension alternative double de la normale est résolu. Toutefois, l'appareil devrait être modifié si un nouveau progrès dans la fabrication des câbles rendait possible une élévation notable des différences de potentiel auxquels ils sont soumis.

Séance du 26 mai 1913.

Conductibilité électrique de l'éther pur, par M. Jacques Carvallo, (Voy. les *Comptes rendus.*)

[1] Cet appareil a été construit de façon que le rendement y fût sacrifié aux considérations d'encombrement.

Séance du 2 juin 1913.

Loi générale de la diffraction des rayons Röntgen par les cristaux, par M. G. Friedel. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur le mouvement des centres lumineux dans les décharges électriques, par M. A. Perot. — Dans des Notes antérieures [1], j'ai indiqué les résultats de la recherche des mouvements des centres lumineux dans les tubes à hydrogène excités par un courant continu ; il était nécessaire, pour développer cette étude, de comparer les vitesses des centres dans des gaz différents. L'expérience a été réalisée avec l'hélium et l'hydrogène d'une part, le sodium et le lithium de l'autre.

Dans un même tube, contenant un mélange d'hélium et d'hydrogène, j'ai déterminé les vitesses de la raie D_3 (5876 A) de l'hélium, et de la raie C (6563 A) de l'hydrogène ; les vitesses mesurées ont été relativement faibles, 500 m par seconde au maximum, et j'ai vérifié que, dans les mêmes conditions de pression et de courant, la vitesse de l'hydrogène était la même, que de l'hélium fût en présence ou non. D'autre part j'ai, dans des expériences séparées, déterminé pour des conditions de pression et de courant identiques les vitesses de l'hélium et de l'hydrogène ; la moyenne des résultats obtenus pour le rapport $\frac{v_C}{v_D}$ est 2,3.

Il faut remarquer que dans les conditions où je m'étais placé, c'est-à-dire assez loin du maximum de la courbe indiquée antérieurement [2], l'influence de la longueur d'onde est très faible, la vitesse mesurée étant voisine de celle du centre immédiatement après le choc ; le rapport des vitesses ne doit pas s'écarter beaucoup du rapport des masses des centres et lui être supérieur, la longueur d'onde de D_3 étant plus petite que celle de C. Expérimentalement, ce rapport 2,3 est très voisin du rapport 2 des poids moléculaires de l'hydrogène et de l'hélium qui sont, l'un diatomique, l'autre monoatomique.

La comparaison du sodium et du lithium n'a pu être faite dans un tube ; j'ai dû utiliser la décharge de la machine à courant continu dans l'air atmosphérique sous forme d'une flamme d'environ 15 mm de longueur.

Les électrodes, en fer, étaient recouvertes de fils d'amiante imprégnés de solution de chlorures de sodium et de lithium. Dans ces conditions, on obtient des anneaux encore très beaux avec une différence de marche de 20 mm. Au lieu de renverser le courant comme dans les expériences précédentes, j'ai disposé un système de miroirs permettant d'envoyer sur l'étalon la lumière émise par la partie supérieure de la flamme dans le sens du courant et en sens inverse.

L'expérience montre que les centres lumineux se meuvent comme dans les tubes à gaz, de la cathode vers l'anode ; le courant serait comme dans les tubes propagé

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 13 janvier 1913, p. 132 et 27 janvier 1913, p. 310.
[2] *Comptes rendus*, t. 151, 18 juillet 1910.

par des électrons négatifs; les vitesses se sont élevées à 400 mm pour le lithium (raie rouge 6708 A), dans la flamme produite par le courant de 66 milliampères, et le rapport de la vitesse donnée par la raie rouge du lithium à celle que donne la raie D_1 du sodium a été trouvé égal à 3,1, c'est-à-dire très voisin du rapport des poids moléculaires qui est 3,3.

Les mesures dans la flamme de la machine sont d'ailleurs plus délicates qu'avec les gaz renfermés dans des tubes, à cause de la mobilité de la flamme qu'on est obligé de protéger avec des écrans. Il peut d'ailleurs paraître surprenant de rencontrer, dans ce mode de décharge, des vitesses de l'ordre de celles qu'on trouve dans les tubes, à pression réduite; mais il faut remarquer que la densité du milieu où se propage le courant peut être très petite, quoique la pression soit élevée, étant donnée la température très haute de la flamme.

Du fait que, dans le cas où l'influence de la longueur d'onde est faible, les vitesses trouvées sont à peu près proportionnelles aux poids atomiques, on peut, semble-t-il, déduire que les vitesses communiquées aux centres lumineux sont, au début de leur mouvement, proportionnelles aux poids moléculaires des corps auxquels ils appartiennent et que la luminosité, réellement due aux centres matériels, prend naissance lors des rencontres des molécules et des électrons en mouvement; ces chocs dissociant probablement la molécule, en tous cas conférant aux centres la faculté de vibrer et, dans le cas actuel, d'émettre de la lumière.

Les tubes contenant une vapeur à poids moléculaire élevé, illuminée par une décharge, donnent des vitesses à peine mesurables; ainsi dans un tube à vapeur de cadmium du modèle de ceux de M. Michelson, parcouru par un courant de 20 milliampères, la vitesse est certainement inférieure à 7 m à la seconde, c'est-à-dire que les variations de la longueur d'onde dues au phénomène étudié doivent être inférieures à une unité du dernier ordre décimal du nombre 6438,4696, longueur d'onde de la raie rouge du cadmium. Cette conclusion est intéressante au point de vue métrologique: dans les mesures du mètre aucune variation avec l'intensité du courant n'est à craindre sur la longueur d'onde, si, comme nous l'avons fait, MM. Benoit, Fabry et moi-même, le tube est alimenté par du courant alternatif; la courbe du courant étant symétrique, il ne peut se produire que des variations de finesse des anneaux; si l'alimentation est faite avec une bobine, par le fait de la dissymétrie de la décharge, on pourra avoir des longueurs d'onde très légèrement variables avec la valeur du courant et surtout avec le sens de celui-ci; mais ces écarts seront en général bien inférieurs aux erreurs expérimentales.

Sur un régulateur de température, par M. Ernest Esclangon. — Dans une Note antérieure [1], j'ai montré que les régulateurs à équilibre indifférent sous le régime normal et instable par rapport aux écarts infiniment petits à ce régime, présentaient, outre l'avantage d'une sensibilité théoriquement infinie, celui de n'être pas influencés par les variations des éléments secondaires qui interviennent dans le phénomène à régler (par exemple, dans la régulation thermique: pression du gaz chauffant, température extérieure, rayonnement, etc.).

[1] *Comptes rendus*, 19 février 1912.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un nouveau régulateur thermique, simple, basé sur ce principe, dont le fonctionnement est d'une très grande précision en même temps que d'une très grande régularité.

Il se compose d'un tube *circulaire* ACB (fig. 1) fermé en A, ouvert en B, tournant autour de son centre O. Il contient en A une *vapeur saturante* avec un petit excès de liquide D, la portion DCE étant occupée par du mercure. Le centre de gra-

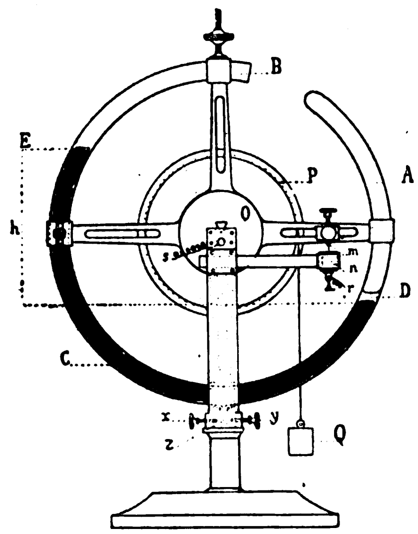


Fig. 1.

vité de l'appareil (abstraction faite du mercure) est sur l'axe de rotation O; en P est une poulie à laquelle est suspendu un poids Q [1]. Il est facile de voir que si l'équilibre existe sous une température θ, *il est indifférent*; il n'est pas détruit par une rotation de l'appareil autour du point O. Au contraire, tout écart de température, *aussi petit soit-il*, fera basculer entièrement l'appareil, dont on limite toutefois pratiquement les mouvements par les arrêts x, y. Il suffit alors de relier ses mouvements à l'appareil chauffant (ou refroidisseur), dans un sens convenable, pour réaliser la régulation.

En vertu de l'équilibre indifférent, la puissance de l'appareil chauffant commandée par le régulateur est donc *indéterminée* sous la température θ; il en résulte pratiquement, que *cette puissance s'harmonise à chaque instant avec les autres variables* dont dépend le phénomène (pression du gaz, température extérieure, etc.), pour produire exactement la température θ. En modifiant le poids Q, on fait varier la température de régime θ.

Pour plus de simplicité pratique, nous avons substitué une liaison électrique discontinue à une liaison continue avec l'appareil chauffant.

La figure 2 montre la régulation obtenue, dans l'air et pen-

[1] Pratiquement, en raison des faibles mouvements permis à l'appareil, la construction est un peu différente.

dant une semaine, avec cet appareil, comparativement avec celle que donne, *dans la même étuve* (fig. 3) *avec le même mode de chauffage*, un régulateur bimétallique à dilatation.

Théoriquement la température de régime θ dépend légère-

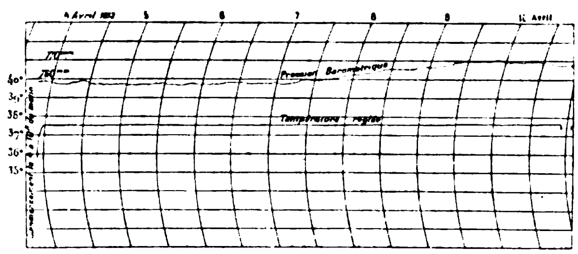


Fig. 2. — Régulation thermique obtenue avec l'appareil représenté figure 1 (chauffage électrique).

ment de la pression barométrique, si l'appareil est entièrement abandonné à lui-même [1]; mais d'une part cette dépen-

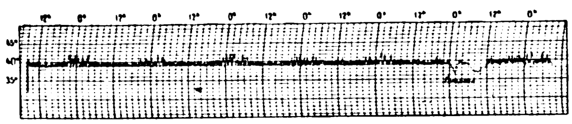


Fig. 3.

dance est presque négligeable, comme le montre la figure 2; d'autre part rien n'est plus facile que d'en corriger l'effet au moyen du poids Q, si l'on désire une précision extrême.

Ce modèle de régulateur présente, outre sa grande précision et sa simplicité, l'avantage de n'être délicat, ni dans sa construction, ni dans son fonctionnement. Le contact électrique en m et n se produisant par une plongée très franche et très profonde, dans le mercure, d'une tige de platine ne nécessite aucune surveillance spéciale. C'est ainsi que la courbe de la figure 2 a été obtenue avec un chauffage électrique [2], un courant à 115 volts passant aux bornes m, n, sans que les étincelles troublent d'une manière sensible le fonctionnement de l'appareil.

Les dimensions de l'appareil pourront être petites (par exemple 10 cm de diamètre) si la température à régler est voisine de la température d'ébullition du liquide dont la vapeur saturante est utilisée en A. C'est ainsi que l'éther convient pour les réglages entre 35° et 40° (étuves de bactériologie); l'acétone au voisinage de 55° (étuves à inclusion); l'eau au voisinage de 100°; le chlorure d'éthyle au voisinage de 15°, etc.

[1] Pour le rendre indépendant de la pression barométrique, il faudrait fermer le tube en B et substituer le vide, ou une autre vapeur saturante, à la pression atmosphérique, ou enfin adopter un mode quelconque de compensation, ce qui compliquerait la construction ou augmenterait les dimensions de l'appareil.

[2] Avec le chauffage à gaz, il suffit d'utiliser un clapet, actionné par le courant qui s'établit en m et n; avec un électro-aimant de grande résistance, ce courant peut être emprunté directement aux distributions ordinaires à haute tension sans dépense appréciable, et sans qu'on ait à s'inquiéter des étincelles.

Séance du 9 juin 1913.

Sur la première détermination de différence de longitude par télégraphie sans fil en Afrique occidentale française, par MM. Schwartz et Villatte. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Principe d'un moteur électrostatique, par M. Eugène Bloch. — On a souvent comparé un galvanomètre à un moteur dynamoélectrique : l'aimant et le cadre d'un galvanomètre à cadre mobile jouent le rôle de l'inducteur et de l'induit d'une dynamo. Une comparaison analogue peut être faite entre un électromètre et un moteur électrostatique, et c'est ce qui m'a conduit à essayer de transformer l'électromètre classique à quadrants en moteur.

Si l'on supprime la suspension de l'aiguille d'un électromètre, en supportant simplement celle-ci par un axe très mobile, le couple électrique, qui n'est plus contrebalancé par un couple de torsion antagoniste, entraîne l'aiguille à l'intérieur de l'une des paires de quadrants Q. Si, à ce moment, on renverse le signe de la charge de l'aiguille, ou, ce qui revient au même, le signe de la charge des quadrants, l'aiguille continuera à tourner et ira se loger dans l'autre paire de quadrants Q'. Un nouveau changement de signe fera continuer le mouvement, et ainsi de suite, de sorte que l'aiguille prendra un mouvement de rotation continu.

J'ai d'abord réalisé l'expérience en montant, sur l'axe qui supporte l'aiguille, un commutateur qui, par contact avec des balais fixes, effectuait les inversions de charges aux instants opportuns : l'appareil fonctionne, mais irrégulièrement, à cause des étincelles qui accompagnent chaque commutation. Les résultats deviennent au contraire très satisfaisants si l'on fait appel, pour inverser les potentiels, au courant alternatif. On peut alors employer deux montages différents : 1° l'aiguille restant à un potentiel fixe, les quadrants sont portés à des potentiels opposés alternatifs; 2° les quadrants étant portés à des potentiels fixes et opposés, l'aiguille est reliée à un pôle de la source alternative dont l'autre pôle est au potentiel zéro. Dans l'un et l'autre cas, on obtient une rotation continue de l'aiguille sans aucune étincelle et avec une période qui, comme on le voit aisément, est la moitié de celle du courant alternatif.

Ainsi dans une expérience, l'aiguille est maintenue à 2500 volts environ par une batterie d'accumulateurs. Les quadrants sont portés à des potentiels alternatifs maxima de 1500 volts environ au moyen d'un transformateur alimenté par le secteur de la Rive gauche (42 périodes) : le secondaire est fermé sur une forte résistance dont le milieu est au potentiel zéro et les extrémités en relation avec les deux paires de quadrants. On obtient une période de rotation de 21 tours par seconde.

Une des principales difficultés de l'expérience est la suivante : la rotation continue de l'aiguille ne peut se maintenir que si l'aiguille a été préalablement lancée avec la période même de sa rotation définitive et, de

plus, abandonnée à elle-même dans une phase convenable de son mouvement. En d'autres termes le moteur actuel a les propriétés d'un moteur synchrone ordinaire; on peut le qualifier de *moteur synchrone électrostatique à courants alternatifs*. La puissance du moteur étant très faible, il faut non seulement réaliser, au moment de l'accrochage, un synchronisme et une concordance de phase très rigoureux, mais encore obtenir ce résultat avec un frottement minime et abandonner l'aiguille sans choc, sans quoi le moteur se décroche. J'ai pu y réussir en effectuant le lancement par l'air comprimé et en utilisant, comme d'habitude, la stroboscopie.

L'axe qui supporte l'aiguille porte en même temps une petite hélice d'aluminium à quatre bras sur laquelle on envoie le jet d'air comprimé. On s'éclaire avec une lampe alimentée par le secteur à 42 périodes. Au moment où l'hélice paraît immobile, le synchronisme (21 tours par seconde) est atteint; la concordance de phase s'obtient alors par un tâtonnement facile.

Dans le petit appareil que j'ai fait fonctionner, la rotation, une fois amorcée, se maintient facilement pendant plusieurs heures avec une dépense évidemment insignifiante. Les applications pratiques sont restreintes par la petitesse de la puissance réalisée, mais nullement exclues. Par exemple, en mettant le potentiel alternatif sur l'aiguille et en utilisant des contacts à étincelle ou à frottement, on peut prélever une partie de la phase totale du du courant alternatif, et par suite redresser un courant de haut potentiel. L'intensité du courant que j'ai pu redresser dans mes essais est malheureusement limitée pour l'instant à une très petite fraction d'ampère; car la résistance occasionnée par les étincelles provoque trop facilement le décrochage du moteur. Mais s'il s'agit seulement, comme dans certaines expériences sur l'ionisation des gaz, d'obtenir un potentiel redressé assez élevé, l'appareil précédent résout le problème d'une manière satisfaisante.

Sur la diffraction et la réflexion des rayons de Röntgen, par M. DE BROGLIE. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Conductibilité électrique de quelques liquides purs : ammoniac, acétone, alcools éthylique et méthylique, par M. JACQUES CARVALLO. — Différents auteurs ont signalé qu'il est possible de purifier notablement certains liquides déjà très propres en les soumettant à l'action d'un courant continu prolongé, et j'ai moi-même précédemment donné des exemples d'épuration électrique de l'anhydride sulfureux et de l'éther éthylique [1]. Je montrerai, dans cette note, comment se comportent, à ce point de vue, quelques autres liquides.

Les expériences ont consisté à préparer des liquides aussi purs que possible dans des tubes scellés en verre, et à suivre en fonction du temps le courant qu'y crée une tension constante appliquée entre deux électrodes fixes [2].

1° *Ammoniac.* — Les observations ont porté sur deux préparations différentes obtenues successivement dans le même appareil de mesure. Dans les deux cas, une tension constante, assez grande pour qu'on puisse négliger devant elle la polarisation des électrodes, donne lieu à un courant qui diminue avec le temps.

	Premier échantillon.	Deuxième échantillon.
Conductance spécifique du liquide initial mesuré par la méthode de Kohlraush . . .	4.10^{-8} U. P. à 14°	$6,7.10^{-8}$ U. P. à + 20° $2,7.10^{-8}$ » à — 62°
Courant initial	Sous 87 v à 17° $42,6.10^{-6}$ amp.	Sous 174 v à 20° 813.10^{-6} amp.
Courant après.	44h sous 87 v (17°) $4,8.10^{-6}$ amp.	48h sous 174 v (20°) $3,39.10^{-6}$ amp.

Le courant ne cesse de diminuer qu'après une dizaine de jours. En recherchant les valeurs limites du courant pour diverses tensions, j'ai obtenu :

Tension en volts.	Courant limite en 10^{-6} ampères — 1er échantillon.	Courant limite en 10^{-6} ampères — 2e échantillon.
87	2,48	0,55
174	3,56	1,12
361	»	1,8
348	4,5	2.4
522	5	3,85
697	4,8	5,9
870	4,8	8,4
1044	4,1	11,1
1220	4.9	13,8
	(15°)	(20°)

Les courants limites sont du même ordre de grandeur dans les deux cas, mais ils s'élèvent constamment avec la tension dans le second au lieu de rester à peu près indépendants de la tension au delà de 348 volts, comme cela a lieu pour la première série. Aux basses tensions, le premier échantillon est plus conducteur que le second; l'inverse se produit aux tensions élevées. La température agit sur les deux échantillons de façon bien différente, tandis que dans le premier cas une brusque variation de température provoque, quel que soit son signe, une augmentation temporaire du courant: celui-ci est, dans le second, régulièrement fonction de la température. J'ai trouvé par exemple sur le deuxième échantillon

$$\text{Sous 87 volts à } +20° \qquad i = 0{,}55.10^{-6} \text{ amp.}$$
$$\text{à } -80° \qquad i = 0{,}053.10^{-6} \text{ amp.}$$

Aucun des régimes limites ci-dessus ne saurait être vraisemblablement considéré comme caractéristique de l'ammoniac pur. Si l'on déduisait des deux derniers nombres la conductance spécifique apparente du deuxième échantillon sous 87 volts, on trouverait

$$5.10^{-10} \text{ unités pratiques à } +20°,$$
$$3,7.10^{-11} \qquad \text{à } -80°.$$

Ces nombres ne fournissent qu'une limite supérieure de la conductibilité de NH^3 pure, si tant est que ce liquide possède une conductibilité définie. Il est intéressant de

[1] J. CARVALLO, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 717; t. 153, 1911, p. 1144.

[2] Il est utile de mentionner que, pour tous les liquides dont s'occupe cette Note, le passage du courant n'est accompagné d'aucun phénomène visible d'électrolyse.

rappeler que Frenzel [1] attribuait à cette conductibilité la valeur

$$1,33.10^{-7} \quad \text{à} \quad -75^{\circ}$$

quatre mille fois plus grande que celle que je viens d'indiquer.

2° *Acétone.* — Je n'ai étudié qu'un échantillon. Il m'a donné les résultats suivants :

Tension appliquée : 88 volts. Température 15°.

	Époque.							
	1m.	2m.	6m.	13m.	29m.	1h12m.	3h17m.	5h.
Courant en 10^{-6} ampère	0,28	0,20	0,16	0,15	0,16	0,32	5,6	20
Conductance spécifique apparente en 10^{-10} unités pratiques	2,2	1,6	1,28	1,2	1,28	2,56	4,5	160

Le courant diminue d'abord légèrement *pour tendre ensuite vers une limite environ* 100 *fois supérieure à la valeur minima.* Dans l'état limite le liquide suit assez exactement la loi d'Ohm. Une étude analogue a été faite, autrefois par Reich [2] sur l'acétone. Cet auteur vit la conductance spécifique apparente de l'échantillon qu'il observait tomber régulièrement de 407 à $9,8.10^{-10}$ unités pratiques (à la température ordinaire). Si l'on compare les états initial et final de ces deux échantillons, on conclura qu'aucun d'eux n'était parfaitement pur, et que si l'acétone possède une conductibilité propre, celle-ci doit être inférieure à $1,2.10^{-10}$ U.P. à 15°, valeur minima trouvée dans mon expérience.

3° *Alcool éthylique.* — Un échantillon étudié a conduit aux résultats suivants :

Tension appliquée : 88 volts. Température : 17.

	Époque.				
	30s.	2m.	5m.	14h.	21h.
Conductance spécifique apparente en 10^{-9} U. »	9	12	15	18	25

Le régime limite est conforme à la loi d'Ohm.

4° *Alcool méthylique.* — Un échantillon donne dans les mêmes conditions une conductance spécifique indépendante du temps, qui satisfait à la loi d'Ohm et dont la valeur est 80.10^{-8} U.P. à 15°.

La méthode d'épuration électrique ne s'applique donc pas à ces deux derniers liquides.

De cet ensemble de recherches se dégage une conclusion importante : un courant prolongé, à travers un liquide mauvais conducteur amène à un régime de conductibilité limite qui peut, suivant les cas, et pour un même liquide, être inférieure ou supérieure à la conductibilité initiale; contrairement à une opinion fréquemment admise, *rien ne permet de considérer a priori comme une propriété spécifique du liquide pur cette conductibilité limite*, même lorsqu'elle constitue une limite inférieure et qu'elle satisfait à la loi d'Ohm.

(1) Frenzel, *Zeitschr, für Electrochemie*, t. VI, 1900, p. 477.
(2) Reich, *Inaug. Diss.*, Berlin, 1900.

REVUE DE LA PRESSE

ACCUMULATEURS

Courant de court-circuit des accumulateurs Édison. — Dans un rapport présenté à l'Institut américain de Chicago, T. Milton signale une propriété intéressante assez peu connue des éléments au nickel Édison.

La résistance intérieure des éléments limite le courant débité dans le cas d'un court-circuit à 16 fois l'intensité normale du courant de décharge, tandis que l'intensité de court-circuit des éléments au plomb atteint de 40 à 60 fois celle du courant normal. (*Z. d. V. D. I.*, n° 2, 1913.) M. A.

DIVERS

Sur la combustion superficielle sans flamme. — Les professeurs A. Bones et Mc Court viennent de fournir d'intéressantes données sur ce sujet dans une conférence tenue à Leeds. Le nouveau procédé de chauffage repose sur le fait observé en physique que toutes les surfaces chaudes accélèrent la combustion des gaz et cela d'autant plus qu'elles sont plus chaudes, l'effet maximum étant obtenu à l'incandescence. L'expérience montre que lorsqu'on comprime un mélange gazeux explosif à travers une paroi poreuse chaude, constituée par une matière réfractaire, la réaction chimique à la surface à l'endroit de sortie du gaz est très accélérée par suite d'une action catalytique. Il n'y a pas production de flamme, et d'après le professeur Bones un procédé de chauffage basé sur ce principe doit donner de très hauts rendements. En pratique, on produit la combustion sans flamme d'un mélange explosif gazeux de gaz combustibles et d'air en proportions voulues pour la combustion complète ou en présence d'un léger excès d'air, par le contact avec une surface granuleuse d'une matière poreuse incombustible. La plus grande partie de l'énergie potentielle du mélange gazeux est transformée en chaleur rayonnante. L'application de ce procédé au chauffage des chaudières est réalisée en faisant passer le mélange gazeux dans des tubes horizontaux remplis de chamotte. Les avantages suivants sont obtenus sur le foyer à flammes. Chauffage plus rapide et possibilité de concentrer la chaleur produite aux points où elle est le plus nécessaire; combustion complète en présence du minimum d'air; obtention de très hautes températures sans régénération.

Des essais industriels dans une usine métallurgique anglaise ont porté sur une chaudière de 28 mètres carrés de surface de chauffe. La production de vapeur à l'heure fut trouvée de 97 kg par mètre carré de surface de chauffe avec un rendement de 90 pour 100 et une absence complète de fumée.

D'après le professeur Bones, ces chaudières, applicables seulement pour des combustibles gazeux, sont peu coûteuses et d'encombrement très faible. Elles sont dépourvues de grilles, de fondations, et de cheminées et semblent devoir être très bien adaptées au service des grandes stations centrales électriques. (*Z. d. Bayer. Rev. Ver.*, 15 sept. 1912.) M. A.

Précautions contre les accidents. — L'ingénieur V. Vogel, de Kattovitz, s'appuyant sur des observations faites en pratique, traite des précautions à prendre pour réduire le nombre des accidents résultant de l'emploi des appareils électriques. Un isolement durable essayé sous 2000 volts doit être exigé pour les interrupteurs et les prises de courant. Les carcasses métalliques sont à entourer d'une paroi isolante dure. Les accidents proviennent souvent d'une pose des lignes défectueuse

ou d'une fixation des fils faites sans soin dans les interrupteurs ou les prises de courant. La traction supportée par un fil ou câble isolé mobile doit porter sur l'enveloppe isolante et non sur le conducteur qui doit en être déchargé. Les conducteurs traversant une pièce métallique seront entourés d'une gaine isolante ne craignant pas l'humidité. Les fils mobiles pour les lampes à main seront entourés d'une enveloppe de cuir, ou d'une enveloppe en cordelette de chanvre sous laquelle sera intercalée une spirale de ruban de cuivre mise à la terre. L'emploi de câbles avec âme conductrice du courant et enveloppe extérieure conductrice mise régulièrement à la terre est à recommander. Les prises de courant présenteront un contact spécial de mise à la terre que viendra toucher la partie de la fiche mise à la terre par le ruban de cuivre automatiquement, avant tout contact des parties conductrices du courant. Les fiches de prises de courant ne seront pas interchangeables. Ces appareils seront éloignés des conduites d'eau ou des pièces de fer des bâtiments et la longueur des câbles mobiles devra être réduite au minimum. On évitera le plus possible les interrupteurs et les prises de courant dans les salles de bain. (*E. K. B.*, n° 5, 1913.) M. A.

DYNAMOS

Alternateur triphasé à 16560 volts. — L'administration des mines de houille Harbker vient de passer commande aux usines Brown-Boveri, à Manheim, d'un turbo-alternateur triphasé de 4000 kilowatts à 1500 tours par minute, fournissant aux bornes une tension composée de 16500 volts. Cette tension est l'une des plus élevées produites sans transformation. L'usine qui recevra ce groupe possède déjà quatre turbo-alternateurs basse tension. (*Z. d. V. D. I.*, n° 5, 1913.) M. A.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Éclairage public par lampes en quartz. — Des essais d'éclairage des rues par lampes en quartz ont été faits à Chicago, Randolph Street. Les lampes sont branchées en parallèle sous une tension continue de 220 volts, leur intensité est de 3,5 ampères. L'intensité lumineuse maxima est de 5000 bougies; l'intensité moyenne hémisphérique de 3000 bougies. La consommation de puissance spécifique est de 0,22 w par bougie. La longueur totale d'une lampe, y compris le globe, est de 80 cm; son poids est de 15 kg, avec le dispositif d'allumage automatique. Chaque lampe brûle environ pendant 7 heures par jour. La somme de dépenses annuelles d'énergie (15 centimes le kw-h) et d'entretien par lampe est de 3,45 fr par 0,33 m de longueur de rue éclairée. Le nettoyage n'est nécessaire que pour les globes.

La conclusion de l'essai fut que l'éclairage par lampes en quartz est équivalent au meilleur éclairage par lampes à arc. (*E. U. M.*, n° 1, 1913.) M. A.

ÉLECTROLYSE

Séparation de l'huile par électrolyse. — Un nouveau procédé de séparation de l'huile contenue dans l'eau de condensation des condenseurs par surface est actuellement en usage dans 35 installations anglaises, traitant environ 600 mètres cubes d'eau à l'heure.

Ce procédé repose sur la propriété que possède un courant électrique passant à travers l'eau chargée d'huile de détruire l'émulsion et de provoquer l'agglomération de l'huile sous forme de flocons, qu'il suffit ensuite de séparer mécaniquement. L'appareil consiste essentiellement en un récipient en bois contenant un certain nombre de plaques de tôle jouant le rôle d'électrodes, sur lesquelles passe le courant d'eau à déshuiler. Celle-ci est tout d'abord filtrée avant d'entrer dans le séparateur. Elle sort de l'appareil parfaitement limpide et très propre à l'alimentation des chaudières. Afin d'augmenter la conductibilité du mélange d'eau et d'huile, on lui adjoint une faible proportion d'eau de fontaine, mais la quantité de cette addition reste assez faible pour qu'il n'en puisse résulter aucun inconvénient pour les chaudières. La séparation est plus facile et plus rapide sur de l'eau chaude. La consommation d'énergie est d'environ 0,15 à 0,20 kw-h par mètre cube d'eau traitée.

En tablant sur un prix de revient du kilowatt-heure de 8,75 centimes, les frais de la séparation électrolytique de l'huile s'élèvent à environ 1,25 centime par m³. L'appareil fonctionne automatiquement et ne nécessite aucune surveillance. Il suffit, après chaque période de marche de quelques jours, d'inverser le sens du courant dans la cuve par la manœuvre d'un commutateur placé au tableau, afin de faire disparaître le dépôt d'huile qui se forme sur les électrodes. Le filtre doit être nettoyé de temps en temps. Les deux opérations demandent environ dix minutes. Les tôles qui constituent les électrodes s'usent très peu; leur durée est de un an et demi à deux ans. Le fer séparé des électrodes sous forme colloïdale est extrêmement avide de l'huile qu'il ramasse en flocons. Cette propriété permet de priver l'eau de toute trace d'huile. (*Zeitschrift d. Bayer. Revisions-Vereines*, 30 novembre 1912.) M. A.

ÉLECTROTHERMIE

Soudure électrique par résistance. — La soudure électrique par résistance repose sur l'emploi de courants de grande intensité; elle exige par suite des appareils lourds et coûteux. Ses avantages sont la simplicité, l'exactitude et la rapidité des opérations. On peut souder de 10 à 15 maillons de chaîne par minute soit 30000 à 40000 par semaine, et 225 jantes de roues de 50 à 225 mm par semaine avec un appareil. On emploie dans ces deux cas la soudure par juxtaposition, tandis qu'on préfère la soudure par points pour les objets creux. La consommation d'énergie hebdomadaire est d'environ 100 kilowatts-heure pour les chaînes et 700 kw-h pour les jantes de roues. Les ingénieurs Stanton et Pauvell ont étudié la solidité des soudures faite à la main et électriquement. Les résistances à la traction exprimées en centièmes de celles des pièces de même matière non soudées sont les suivantes :

Soudure à la main		Soudure électrique	
Fer.	Acier.	Fer.	Acier.
89,3	81,6	89,2	93,4
24 essais	21 essais	7 essais	8 essais

Les essais de fatigue ont donné les résultats suivants :

97,6	78,4	92,6	87
21 essais	128 essais	5 essais	12 essais

Les métaux les plus faciles à souder sont le fer et l'acier doux; les aciers durs contenant plus de 0,8 pour 100 de carbone sont difficiles à souder. Il est à conseiller dans ce dernier cas, pour éviter un effet de trempe à la soudure, de porter au préalable les deux pièces à souder au rouge; il en résulte une diminution de la résistance à la traction qui n'est plus de 60 à 70 pour 100 de celle de la pièce non soudée. On peut également intercaler entre les deux pièces froides un morceau incandescent. Le cuivre et ses alliages suivent le fer et l'acier, dans la série des métaux soudables. La teneur en zinc du laiton ne doit pas dépasser un certain chiffre. Le nickel, l'aluminium et les métaux précieux viennent ensuite. On emploie le plus généralement la soudure

par juxtaposition ou superposition, à l'exception du fer, du laiton et de l'aluminium pour lesquels on emploie quelquefois la soudure par points. (*The Electr.*, 21 février 1912.) M. A.

INSTALLATIONS

Laminoirs électriques à plaques de blindage de Witkowitz. — La première partie des nouvelles aciéries et des nouveaux laminoirs de cette usine est en voie d'achèvement. L'installation des laminoirs doit comprendre : un train blooming de 1000 mm, un dégrossisseur de 850 mm (duo), un train trio sans volant de 650 mm; un train à plaques de blindages de 1250 mm; un train à tôles de 1000 mm possédant une commande commune avec le train à plaques de blindage; un train à tôles en trio et un train universel, train moyen et petit train.

Le courant disponible est du triphasé, 50 périodes, 5000 volts, abaissé à 500 ou 120 volts ou transformé en courant continu 120 volts.

La nouvelle installation du laminoir à plaques de blindage comprend deux parties distinctes : le convertisseur et le laminoir proprement dit. La salle du convertisseur sert en même temps de station centrale pour la distribution du courant dans l'usine.

Les tableaux sont établis d'après le système à trois étages; le rez-de-chaussée seul est surveillé en permanence par un gardien. Dans cette partie du tableau se trouvent toutes les commandes des interrupteurs des départs et des convertisseurs, ainsi que divers instruments de mesures sur les circuits des laminoirs à commande Illgner. Le travail de ces laminoirs peut aussi être contrôlé depuis le tableau.

La salle des convertisseurs contient, en outre des tableaux, les transformateurs, deux commutatrices et trois convertisseurs Illgner, deux de ceux-ci sont accouplés mécaniquement. Chaque groupe Illgner se compose d'un moteur à courant triphasé d'une puissance continue de 2200 chevaux et de deux dynamos pouvant supporter au maximum 11 000 ampères sous une tension réglable de 0 à $\pm$ 550 volts, à une vitesse variable entre 370 et 320 tours à la minute. Les convertisseurs accouplés ont chacun deux volants de 35 tonnes, 4.30 m de diamètre. Ces volants sont réunis entre eux et aux groupes des machines par des embrayages élastiques manœuvrables en pleine vitesse. Le troisième convertisseur est réuni par un embrayage semblable à un seul volant de 42 tonnes.

Le laminoir à plaques de blindage sert à dégrossir des lingots de 100 tonnes. L'installation comprend deux fours à réchauffer à sole mobile et les dispositifs hydrauliques usuels établis pour une pression de 40 atmosphères.

La commande du train a lieu par un réducteur à engrenages droits d'un rapport de 1 à 5.

Le moteur du train est établi pour un couple de 100 tonnes-mètres et un couple maximum de 130 tonnes-mètre. Le nombre de tours, sous une tension de $\pm$ 1000 volts, varie dans chaque sens de rotation de 0 à 70; le réglage sur l'excitation permet d'atteindre 140 tours à la minute. Le moteur est muni de pôles auxiliaires et d'un enroulement compensateur de façon à pouvoir réaliser une commutation sans étincelles malgré les à-coups de courant. Le poids total du moteur est de 135 tonnes. Des essais de changement de marche ont montré qu'il est facile d'atteindre par minute 8 inversions en charge de 0 à $\pm$ 140 tours par minute. (*Stahl u. Eisen*, n° 46, 1912.)

M. A.

Câbles pour puits de mines. — M. Kilburn Scott demande, dans un rapport à l'Association of Mining Electrical Engineers, l'adoption des propositions suivantes :

a. La réduction du poids des câbles dans les puits est d'une grande importance; on doit par suite rechercher l'emploi de hautes tensions et d'armatures aussi légères que possible. L'auteur conseille l'emploi de l'aluminium comme conducteur au lieu du cuivre.

b. Toutes les pièces métalliques seront utilisées pour la canalisation de retour par la terre; la mise à la terre de l'armature du câble est insuffisante dans la plupart des cas. I est préférable d'utiliser les câbles porteurs comme canalisation de retour que de renforcer l'armature.

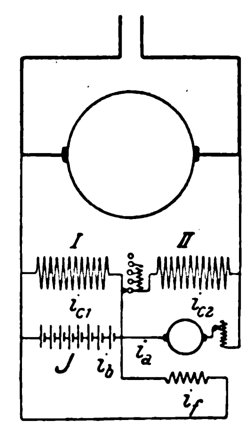
c. L'emploi de ruban caoutchouté siliceux à la protection mécanique du câble donne de bons résultats, soit pour les câbles fixes, soit pour les câbles de fonçage.

d. L'établissement de baraques en planches contenant le tambour à câbles peut causer des ennuis, par suite du manque d'étanchéité. Il est préférable de constituer l'abri par des poteaux en bois imprégnés armés d'acier.

L'auteur préconise en outre la disposition des conducteurs en secteur dans les câbles à plusieurs conducteurs, afin d'obtenir un allègement (câble basse tension). Les difficultés de connexions rencontrées au début de l'emploi des câbles en aluminium peuvent être considérées comme résolues complètement à l'heure actuelle par différents types de manchons, serre-fils ou attaches. Les câbles de fonçage seront commodément attachés à des câbles porteurs communs de la même façon que les tuyaux de fonçage. M. A.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Nouvelles voitures benzo-électriques. — M. Weckmann décrit les nouvelles voitures benzo-électriques des usines Bergmann. Le générateur de courant hexapolaire est accouplé par un manchon élastique à un moteur à benzine de 100 à 150 chevaux. L'excitation est fournie par une batterie d'accumulateurs. Le courant est distribué à 4 moteurs de 85 chevaux couplés sur les essieux par l'intermédiaire de trains d'engrenages d'un rapport de 1 à 4,315. Le schéma de la figure indique le double enroulement d'excitation du générateur de courant et ses connexions avec la batterie. Celle-ci est montée en dérivation sur l'enroulement I; l'enroulement II est coupé du circuit au repos et toutes les résistances de démarrage sont en circuit. Celles-ci sont supprimées à chaque passage d'une touche du contrôleur de manœuvre à l'autre, jusqu'au degré 5 où les résistances disparaissent et où l'enroulement II est relié à I. La tension monte alors aux bornes de la dynamo qui recharge la batterie. Aux bornes de l'enroulement II se trouve branché le moteur d'un ventilateur ayant pour objet le refroidissement de l'eau de circulation du moteur à benzine. L'excitation de ce moteur auxiliaire est fournie par la batterie, et une résistance de réglage est intercalée sur l'induit. Un deuxième moteur auxiliaire a pour objet la réduction de l'amenée du benzol lorsque le générateur de courant marche à vide; la vitesse tombe alors de 700 à 250 tours. Ce petit moteur n'est alimenté que dans la position nulle du contrôleur de manœuvre.



La dynamo est fermée; elle est munie de pôles auxiliaires et d'un enroulement de compensation. Sa puissance est de 66 kw sous 300 volts. Le poids de la voiture est de 46 tonnes soit 1,2 tonne par mètre carré de surface. La dépense en benzol est 375 g par kw-h, ce qui donne, à la vitesse de 58 km à l'heure, 0,43 kg par km dans le cas le plus favorable et 0,55 kg en moyenne. (*E. K. B.*, n° 50, 1912.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

446 955. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Moteur alternatif à collecteur à vitesse réglable* (6 août 1912).

16 293/439 011. — **Barrié et Delamour.** — *Disjoncteur conjoncteur avec mise en résistance automatique* (1er août 1912).

446 850. — **Zander** — *Interrupteur de sûreté pour les compteurs électriques à prépaiement* (2 août 1912).

446 912. — **Compagnie française pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.** — *Compteur moteur d'électricité* (5 août 1912).

446 951. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements au mécanisme des interrupteurs à huile* (6 août 1912).

446 935. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux interrupteurs à huile* (6 août 1912).

446 955. — **Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs à gaz et autres appareils.** — *Compteur ampère-heure-mètre pour courant continu.*

446 825. — **Girardin.** — *Electro-plaquage laitonifère des métaux* (29 juillet 1912).

446 978. — **Société Leflaive et Cie.** — *Perfectionnements aux fours électriques* (7 août 1912).

446 739. — **Siron.** — *Lampe à arc électrique spécialement applicable pour projections cinématographiques ou autres* (1er août 1912).

446 870. — **Compagnie générale de phonographes, cinématographes et appareils de précision.** — *Lampe électrique de projection* (12 octobre 1911).

446 908. — **Reich et Durand.** — *Lampe de poche* (5 août 1912).

446 934. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux lampes à incandescence* (6 août 1912).

447 184. **Gesellschaft für Forderanlagen Ernst Heckel m. b. H.** — *Protection automatique pour voies aériennes électriques* (25 octobre 1910).

447 240. — **Société Ateliers de construction Oerlikon.** — *Système de locomotion électrique* (14 août 1912).

447 064. — **Flandrin.** — *Dispositif de production de courant à haute fréquence* (17 octobre 1911).

447 127. — **Szek.** — *Tableau de distribution pour installation de télégraphe et de téléphone sans fil et autres usages* (12 août 1912).

447 181. — **Société d'électricité Mors.** — *Appareil pour l'établissement de communications téléphoniques sur des lignes électriques parcourues par des courants continus* (19 octobre 1911).

16 299/446 872. — **Bouvet.** — *Transmetteur téléphonique* (26 décembre 1911).

446 986. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Groupe moteur générateur produisant un courant continu d'intensité constante* (25 septembre 1911).

447 191. — **Colonna.** — *Appareil télégraphique multiple, imprimeur à transmission automatique et manuelle et à grand rendement, applicable également à la correspondance par câbles sous-marins* (27 juillet 1912).

447 050. — **de Sedneff.** — *Accumulateurs électriques* (8 août 1912).

447 121. — **Keller-Dorian.** — *Dispositif pour la production de courants induits dans les machines magnétos et dynamos* (9 août 1912).

447 190. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Perfectionnements dans l'emploi des dispositifs permettant de régulariser le débit d'une source d'énergie électrique* (19 octobre 1911).

16 298/416 547. — **Société alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Mode de compoundage de machines dynamo-électriques à courant continu* (17 octobre 1911).

446 996. — **Société Vedovelli Priestley et Cie.** — *Dispositifs de sécurité complète pour canalisations électriques* (11 mai 1912).

447 255. — **Prudence.** — *Minuterie électrique à commande à distance pour l'éclairage temporaire des escaliers et autres lieux* (14 août 1912).

16 312/435 132. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux équipements de contrôle par contacteurs pour moteurs électriques* (6 août 1912).

447 035. — **Dreyspring.** — *Dispositif permettant d'utiliser comme appareil d'éclairage le contrepoids servant à équilibrer une suspension électrique mobile* (22 juillet 1912).

447 103. — **Low.** — *Nouvelle disposition pour électrodes destinées aux lampes électriques à arc* (10 août 1912).

447 104. — **Low.** — *Electrode à corps fondu ou sectionné ayant une ouverture centrale* (10 août 1912).

16 313/446 310. — **Morsaint.** — *Procédé de fabrication des filaments pour lampes électriques à incandescence* (6 août 1912).

16 325/426 686. — **Société nouvelle de la Lampe Hydra.** — *Lampe électrique à incandescence* (8 août 1912).

16 335/444 361. — **Société Alsaciennne de constructions mécaniques.** — *Procédé pour neutraliser la self-induction des enroulements des machines et appareils électriques* (21 octobre 1911).

16 336/446 285. — **Société Alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Procédé d'anti-compoundage pour machines génératrices à courant continu* (21 octobre 1911).

447 314. — **Guillet.** — *Transformateur de mouvement oscillatoire en mouvement de rotation continu de même fréquence et uniforme ou de rotation régulièrement discontinue* (5 août 1912).

447 357. — **Soulier.** — *Résistances variables pour appareils électriques* (24 octobre 1911).

447 343. — **Winterhalter.** — *Disjoncteur électrique automatique* (17 août 1912).

447 408. — **Société The Cutler-Hammer Mfg. Co.** — *Interrupteurs électriques à détente* (20 août 1912).

447 464. — **Kovacs.** — *Coupe-circuit à fusible* (22 août 1912).

447 475. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Contrôleur pour moteurs électriques* (22 août 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

73 652. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 520. 25 Août 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Explosion d'un interrupteur à huile. — Une usine hydraulico-électrique de 200000 kw. — Le facteur de puissance des grands réseaux aériens. — Electrification des chemins de fer de la banlieue de Melbourne. — Signalement des icebergs par la T.S.F. — Une roue Pelton de 11000 kw. — Les accidents dus à l'électricité. — Envoi de l'heure par la T.S.F. — Influence des murailles sur la T.S.F. — Ligne téléphonique de New-York-San Francisco. — Influence des éruptions volcaniques sur la T.S.F. — Distinctions honorifiques 367

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Agen. Baisieux. Bourg-de-Péage. La Charité. Chéragas. Coaraze. Coulmier-le-Sec. Courville. Couterne. Deuil. Dreux. Guyotville. Labastide. Lacapelle. Lille 370

LE CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF (*suite et fin*). . . . 371

LOCOMOTIVE DE 1100 KW A COURANT ALTERNATIF SIMPLE AVEC MOTEUR RÉGLÉ PAR LE DÉCALAGE DES BALAIS. **H. M.** 382

EXPÉRIENCES AVEC DES FOURS A ÉLECTRODES. 383

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du 9 juin 1913* : Etude magnétique de la constitution de quelques alliages d'antimoine, par **P. Leroux**. 385

Séance du 16 juin 1913. 386

Séance du 23 juin 1913 : Sur les oscillations à grande fréquence dans les arcs électriques très courts et sur les limiteurs de tension à intervalles multiples, par **A. Léauté**. 386

Séance du 30 juin 1913 : Sur une nouvelle étude de l'effet Volta faite à l'aide de la radio-activité induite, par **Sarasin et Tommasina**. 387

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations*. Utilisation des gaz des hauts-fourneaux. Transport d'énergie de Trollhättan à Copenhague. Laminoirs à commande électrique en Angleterre et sur le continent. Commande des treuils d'extraction à courant triphasé par contacteurs. Système de verrouillage pour machines d'extraction. *Mesures* : Simplification pratique de la méthode balistique pour les mesures magnétiques. Détermination de la vitesse du vent par des mesures électriques. 388

BREVETS D'INVENTION. 390

INFORMATIONS

Explosion d'un interrupteur à huile. (*Bulletin de juin de l'Association Suisse des électriciens.*) — Le 24 avril, l'huile d'un interrupteur de l'usine hydraulico-électrique de Whylen (voy. l'*Industrie électrique* du 10 août 1912, p. 338) s'est enflammée, a fait explosion et a entraîné l'arrêt complet du service de l'usine pendant plusieurs heures.

L'usine de Whylen, située sur la rive droite du Rhin, dans le grand-duché de Bade, utilise la moitié de l'eau d'une chute du Rhin, dont l'autre moitié actionne l'usine d'Angst, située sur la rive suisse, qui appartient à la ville de Bâle.

A l'usine de Whylen, le réglage et la répartition se font dans un bâtiment à trois étages, situé à environ 80 m du bâtiment des turbines; les lignes de distribution desservant les localités avoisinantes sont à la tension de 7000 v; celle des alternateurs et les lignes desservant les localités éloignées à 45000 v.

Le bâtiment destiné à la répartition a une surface de 66×12 m; au rez-de-chaussée sont installées les barres générales à 7000 v, au premier étage les interrupteurs à huile de toutes les lignes de départ, au second les barres à 45000 v et au troisième les appareils de protection. Les diverses parties des installations sont séparées par des cloisons isolantes, ces cloisons sont disposées entre les diverses lignes à 7000 v et entre les phases d'une même ligne à 45000 v.

A l'extrémité du couloir du premier étage, se trouve la salle de distribution, d'où s'effectuent toutes les manœuvres de régulation et de distribution; les interrupteurs sont placés par groupes de 15, à droite et à gauche de ce couloir, contre les parois duquel sont disposés les électro-aimants de commande.

La distribution à 45000 v a lieu par lignes aériennes, placées deux par deux sur des lignes de poteaux en fer à treillis; chaque ligne est munie au départ d'un interrupteur à huile.

Le soir du 24 avril, il y avait un orage sur la contrée Whylen-Lörrach; on s'attendait à des dérangements et on surveillait attentivement les appareils de mesure, quand les deux interrupteurs automatiques de la ligne Lörrach fonctionnèrent et l'un d'eux explosa avec un grand bruit en secouant tout le bâtiment.

L'interrupteur, qui avait fait explosion, était placé immédiatement près de la salle de distribution; il se produisit une fumée telle que le personnel de service dans cette salle dut sortir par une porte donnant directement à l'extérieur.

On essaya de rentrer dans le bâtiment par l'autre côté, mais quoique la manœuvre n'ait pris qu'une minute environ, la fumée était devenue si épaisse que l'on ne put pénétrer dans le bâtiment; on parvint cependant à jeter le contenu de trois récipients remplis de poudre extinctrice sur l'interrup-

teur incendié. Après plusieurs tentatives on dut appeler deux pompiers de Bâle, munis de casques respiratoires et d'appareils spéciaux; ces hommes arrivèrent rapidement, mais ne purent pénétrer dans le bâtiment qu'au bout d'une heure et demie, par suite de la température des tôles striées qui recouvraient le sol. On avait dû naturellement arrêter toute l'usine. A huit heures et demie on était maître du feu.

L'interrupteur qui avait fait explosion était de construction moderne, chaque phase disposée dans un récipient spécial, par suite de la vaporisation de l'huile, il s'est produit un mélange détonant, les parois placées au-dessus ont été détruites, les conducteurs fendus sur une longueur de 1 à 2 m, les fers supportant le plafond du passage tordus, etc.

L'ampoule d'une lampe à incandescence a été fondue à l'état de fil mince.

Les parois de toutes les salles du bâtiment, à l'exception de celles situées au rez-de-chaussée étaient couvertes d'une couche de suie. On a constaté que dans la phase dans laquelle l'incendie a été le plus violent, un arc de 45 cm de longueur a éclaté entre le conducteur et une pièce de fer en avant de trois parafoudres à corne disposés en série et de leur résistance liquide.

Il y a eu également décharges à la terre dans les deux autres phases dans des tourelles de distribution éloignées de l'usine. L'explosion de l'interrupteur est certainement due à ce que pendant l'orage les trois phases de la ligne Lörrach ont été mises à la terre par des arcs et par conséquent placées en court-circuit. Le courant de court-circuit a été très intense, car à ce moment 7 générateurs de 5000 kv-A (7000 v — 180 t : m) étaient en service. L'incendie d'environ 2000 litres d'huile a donc amené une véritable catastrophe

L'enseignement à tirer de cet accident, est qu'il serait préférable dans les grandes usines de sectionner autant que possible toutes les installations, de manière à avoir des intensités aussi faibles que possible en cas de court-circuit. Il y aurait lieu également de prendre des dispositions pour évacuer automatiquement l'huile des interrupteurs (et des transformateurs) en cas d'incendie; ou mieux, comme on a tendance à le faire en Amérique, de disposer à l'air libre les appareils à huile, en les recouvrant au besoin d'une toiture.

F. L.

Une usine hydraulico-électrique de 200000 kilowatts. (*Le Génie civil*, du 26 juillet, M. P. Calfas.) — On vient d'installer les 15 premières turbines de 7500 kw dans l'usine Keokuk qui en aura 30, après l'achèvement complet des travaux.

Cette usine, qui utilise une chute du Mississipi de 9,75 m, dessert la ville de Saint-Louis située à 232 km par une ligne à 110000 v.

On a installé le barrage à un emplacement où le Mississipi, qui a ordinairement une largeur de plusieurs kilomètres, se resserre, de sorte que la longueur totale de ce barrage, qui sert en même temps de viaduc, est de 1475 m.

La construction de ce barrage a beaucoup amélioré la navigation en amont et permis de supprimer le canal des rapides des Moines, dont l'entretien revenait annuellement à 20000 fr; on a aménagé pour la navigation une écluse de 120 m de long et de 33 m de largeur.

Le bâtiment des turbines qui aura, quand il sera complètement achevé, une longueur de 524 m et une largeur de 40 m contient des turbines qui tournent à la vitesse de 57 t : m; elles sont à axe vertical, et le rotor qui pèse 65 tonnes a 4,50 m de diamètre. Leur puissance moyenne est de 10000 chevaux sous une chute de 9,75 m de haut et varie de 6000 chevaux sous une chute de 6 m, à 14000 chevaux sous une chute de 11,9 m.

Les alternateurs triphasés de 7500 kv-A, à axe vertical, ont 9,60 m de diamètre et 3,40 m de hauteur; la fréquence est 25 et la tension de 10000 v.

Deux alternateurs de 1600 kw fournissent du courant à 440 v qui sert principalement à actionner les excitatrices; qui peuvent l'être aussi par le courant de l'usine. Le courant d'excitation peut également être emprunté à une batterie d'accumulateurs qui fournit le courant nécessaire aux moteurs des appareils de commande à distance.

Le courant est fourni à la tension de 10000 v aux environs de l'usine et la tension est élevée à 110000 v dans des transformateurs pour être envoyé à Saint-Louis. A chaque alternateur correspond un transformateur à bain d'huile qui pèse 125 tonnes; les dimensions extérieures de la caisse qui le contient $2,45 \times 4,90$, et la hauteur de 7,60 m.

Au sortir de l'usine, la ligne à 110000 v traverse le Mississipi, avec une portée de 840 m; dans cette traversée les câbles qui, sur le reste de la ligne ont un diamètre de 16 mm, sont renforcés. Leur diamètre total est alors de 22 mm, et ils ont une anse en acier de 16 mm. F. L.

Le facteur de puissance des grands réseaux aériens. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — On estime généralement le facteur de puissance (cos φ) d'une grande centrale triphasée, avec réseau aérien, à 0,80; mais, dans le cas de centrale agricole, il est très variable.

Ainsi que le dit M. Auguste Pétri, lors de la construction de la centrale de Belgard, dans laquelle on prévoyait un réseau d'une longueur de 1000 km, on avait prévu les alternateurs pour un facteur de puissance cos $\varphi = 0,70$; mais depuis l'accroissement du réseau, qui comprend actuellement 1850 km de lignes à 15000 v et 120 km de lignes à 45000 v, dans la journée, le facteur de puissance ne tombe pas au-dessous de 0,8 et la plupart du temps il est supérieur à 0,9, et même pour une certaine charge il est égal à l'unité; pour une charge supérieure il diminue de nouveau.

On a d'abord cru à des erreurs de mesure, mais les instruments furent contrôlés de nouveau lors des essais de réception des machines. La capacité du réseau fait donc varier le facteur de puissance suivant la charge. D'après la courbe donnée par M. Pétri, on a :

Pour une charge de	200 kw	cos φ = 0,45
—	900 —	cos φ = 0,78
—	1200 —	cos φ = 0,97
—	1500 —	cos φ = 1
—	1800 —	cos φ = 0,97
—	2000 —	cos φ = 0,95

F. L.

Electrification des chemins de fer de la banlieue de Melbourne. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — Le Parlement de l'Etat de Victoria (Australie) a voté, en décembre 1912, l'installation de la traction électrique sur le réseau, très étendu de la banlieue de Melbourne. Le gouvernement s'est décidé pour l'emploi du courant continu sur l'avis des experts, M. Merz et Mac Lellan, qui ont examiné les divers projets présents; on utilisera du courant continu à 1500 v avec prise aérienne.

La longueur des lignes à électrifier est de 242 km et la longueur des voies de 465 km; il y a, en outre, 55 km de garages, voies d'évitement, etc.

Immédiatement après que le Parlement a eu adopté le projet, le gouvernement a fait les commandes, car les projets étaient prêts depuis longtemps; les « Siemens brothers-dynamo-works » de Londres ont été chargés de la fourniture des machines des 12 sous-stations dans lesquelles on installe provisoirement : 14 commutatrices de 2000 kw, 250 t : min.; 10 commutatrices de 1000 kw, 500 t : min.; 4 commutatrices de 500 kw, 750 t : min. et les transformateurs nécessaires. Les commutatrices doivent fournir ces puissances pendant un service continu de vingt heures; et en outre, après un service continu de douze heures, à ces puissances, pouvoir fonctionner pendant deux heures à des puissances 1,5 fois

plus élevées. Elles doivent finalement supporter pendant dix minutes le double de la charge normale, et momentanément le triple.

L'élévation de température admissible est si faible, que, d'après les règlements allemands, les puissances normales de ces appareils seraient respectivement de 3000, 1500 et 750 kw, c'est-à-dire 1,5 fois celles indiquées. Le courant triphasé amené aux transformateurs a une tension de 19000 v, et est à la fréquence 25; les transformateurs sont à circulation d'huile. Les bobines à réactions nécessitées pour la régularisation des commutatrices sont installées dans les transformateurs.

Du côté alternatif des commutatrices on emploie du courant à 6 phases, et le côté continu n'a qu'un seul collecteur pour le courant à 1500 v; lors du démarrage, le lancer a lieu au moyen d'un moteur asynchrone.

Les turbo-dynamos seront fournies par la maison Parsons de Londres et les équipements des voitures par la General Electric C° de Schenectady. F. L.

Signalement des icebergs par télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 19 juin.) — Au commencement de mars, le navire *Scotia* est parti de Dundee, pour se rendre dans les eaux septentrionales de l'Océan Atlantique; il y croisera et signalera, par télégraphie sans fil, les icebergs aux autres navires, cela d'une façon permanente.

Le *Scotia* est muni d'une station de télégraphie sans fil Marconi de 1,5 kw et doit croiser de manière à être toujours en communication avec les stations de Terre-Neuve ou de Labrador: il est en outre muni d'instruments de manière à faire en même temps des observations météorologiques. F. L.

Une roue Pelton de 11000 kw. (*La Houille blanche* du 25 juin.) — On vient d'installer à l'usine hydraulico-électrique de la Löntsch, près de Glaris (Suisse), une roue Pelton de 15000 chevaux, qui est bien sans doute la plus puissante roue de ce système en Europe. L'installation comprenait déjà 6 roues Pelton de 6500 chevaux, de sorte que sa puissance passe de 39000 à 54000 chevaux et qu'elle devient une des plus importantes de la Suisse. F. L.

Les accidents dus à l'électricité. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 3 juillet.) — M. le Dr Gerbis a fait aux Ingénieurs électriciens de l'importante société de produits chimiques : Badische-Anilin und Soda Fabrik, une conférence sur l'action du courant électrique sur le corps humain et les soins à donner aux victimes.

La résistance électrique du corps humain est constituée en grande partie par celle de la peau, qui varie naturellement suivant l'état de cette dernière; il est certain que la résistance est grande quand le contact est établi par la paume de la main ou le dessous du pied, qui sont durs et recouverts de durillon, que par les autres parties du corps. D'après Jellenick, le spécialiste viennois, la résistance totale du corps humain varie entre 30000 et 40000 ohms, quand les contacts sont établis du dessus des mains et au ventre et de 16000 à 80000 ohms, quand ils sont établis aux mains et aux pieds. Si l'on ne tient pas compte de la résistance de la peau, la résistance du corps humain est de 1000 ohms environ. La résistance du corps est donc négligeable, devant celle de la peau et cette dernière varie suivant qu'elle est dure ou tendre, sèche ou humide.

Il est en outre évident que la résistance de contact est très grande, par exemple, si le sujet a des souliers secs et sans clous.

On peut donc comprendre qu'un homme ayant les pieds nus placés dans une solution de mélasse et de potasse ait été tué pour avoir touché un fil nu, à la tension de 95 v, tandis qu'un autre a pu être rappelé à la vie après avoir été cinq minutes en contact avec une canalisation à 5500 v.

A part naturellement les brûlures, il est intéressant de constater qu'il entre également un facteur moral dans les suites de l'action du courant; celui sur lequel le courant agit d'une manière inattendue a en général plus à en souffrir que celui qui est averti. On a également souvent constaté que des personnes ivres, n'ont eu que des brûlures dans des cas qui auraient été mortels pour des personnes à l'état normal. Dans les expériences sur les animaux, on a constaté que ceux endormis par un narcotique, peuvent supporter des courants qui les tueraient. Le courant électrique a une grande influence sur la circulation, quand la victime se contracte violemment le système des veineux-capillaires se resserre, de sorte que la pression artérielle doit augmenter et il peut en résulter des accidents surtout si la victime est âgée.

L'action du courant peut au contraire avoir pour effet, d'élargir les veines, de sorte que la pression artérielle diminue et que le cœur s'arrête.

En général, l'action du courant continu fait augmenter la pression artérielle et celle du courant alternatif la fait diminuer; un courant de 150 p : s provoque l'arrêt complet du cœur.

L'élévation de température due à la résistance du corps est également dangereuse : les liquides se dilatent et pressent sur le système nerveux, particulièrement dans le cerveau; il faut avoir bien soin quand on soigne une personne, qui a été électrocutée, de relever sa tête, afin de ne pas faire encore augmenter la pression dans le cerveau. L'élévation de température n'est pas négligeable : on a parfois constaté des températures de 40° après la mort.

M. Gerbis a ensuite parlé des soins à donner, de la respiration artificielle, etc., et recommande particulièrement : 1° de ne jamais mettre la victime brusquement debout, mais de la transporter couchée; 2° de ne jamais lui donner à boire, ce qui pourrait entrainer l'asphyxie. F. L.

Envoi de l'heure par télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 17 juillet.) — La Commission internationale de l'heure qui s'est réunie à Paris, au mois d'octobre dernier, a proposé, aux divers gouvernements, l'adoption des règles suivantes pour arriver à une entente internationale :

1° Création d'une commission internationale qui s'occuperait de l'installation de stations pour l'envoi de l'heure, suivant des règles fixes;

2° Fondation d'un bureau international à Paris;

3° Création d'un nombre suffisant de stations d'envoi de l'heure pour qu'en tous points du globe on puisse toujours recevoir un signal le jour et un autre la nuit;

4° La commission internationale, serait chargée de réglementer l'installation de ces stations. En premier lieu, on a adopté les stations suivantes :

Noms des stations.	Heure d'envoi des signaux Heure de Greenwich.
Paris (Tour Eiffel)	0 heure minuit.
San Fernando (Brésil)	2 —
Arlington (Washington)	3 —
Modagiscio (Pays des Somalis)	4 —
Manille (Philippines)	4 —
Paris (Tour Eiffel)	10 —
Tombouctou	6 —
Norddeich (Allemagne)	12 heure midi.
San Fernando	16 —
Arlington	17 —
Massanao	18 —
San Francisco	20 —
Norddeich	22 —

Toutes les stations donneront les signaux horaires avec une longueur d'onde d'environ 2500 m et d'après un schéma qui permettra de reconnaitre la fin de la 57e, de la 58e et 59e minute avant l'heure. (Voy. l'*Industrie électrique*, n° 509 du 10 mars, 1913, p. 117.)

Dans ces signaux, la durée d'un trait est d'une seconde, la durée d'un point de 0,25 seconde; celle d'un intervalle de 1 seconde.

La fin de chacune des minutes est caractérisée par une série de 3 traits. Pendant la 57e minute, on envoie la lettre x, pendant la 58e, une série de traits et de points et pendant la 59e, une série de trait, — trait —. point. De sorte qu'à la fin de chacune des 3 minutes on peut régler une montre.

Outre les signaux horaires ordinaires de 10 heures et de 0 heure, la tour Eiffel envoie une fois par jour un signal formé d'une série de traits, qui sert aux autres stations à régler leurs chronomètres. F. L.

Influence des murailles sur la télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 24 juillet.) — A la demande de Marconi, M. G. Alfi, directeur de l'Observatoire de Florence, a fait installer dans le dôme de cette ville, une station réceptrice de télégraphie sans fil, dont l'antenne est suspendue à l'intérieur de la coupole, de sorte que les diverses parties de l'installation se trouvent dans un local entièrement clos. Lors des essais entrepris pendant la nuit, on a reçu des signaux de Paris, Toulon et Madrid; l'intensité de la réception était seulement un peu plus faible que si le poste avait été installé à l'air libre. F. L.

Ligne téléphonique New-York San-Francisco. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juin.) — Ainsi que *L'Industrie électrique* l'a annoncé l'American Telephone and Telegraph Cº de New-York va installer cette ligne longue de 5600 km.

La canalisation sera faite en fil de cuivre de 4,5 mm de section et une bobine Pupin sera installée tous les 14 km. Comme par suite de la différence de temps importante qui existe entre New-York et San Francisco, cette ligne sera utilisée seulement pendant que les heures des affaires coïncident dans les deux villes (5 heures par jour) la conversation d'une durée de 3 minutes coûtera de 80 à 100 fr. F. L.

Influence des éruptions volcaniques sur la télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 26 juillet.) — Le volcan Katmai, dans l'Alaska, a eu plusieurs éruptions violentes pendant l'année 1912. Lors des éruptions deux stations situées dans le voisinage du volcan et deux navires, qui en étaient proche, ont constaté que pendant toute la durée de ces éruptions, toute communication par télégraphie sans fil était impossible. F. L.

Distinctions honorifiques. — Parmi les récentes nominations et promotions dans l'ordre national de la Légion d'honneur, nous sommes heureux de citer :

Commandeurs : M. Monier, président du Tribunal de première instance de la Seine.

Chevaliers : MM. Labour, membre du Comité permanent d'électricité. — Laporte, directeur de la Société Energie Electrique du littoral méditerranéen. — Mariage, directeur de la Compagnie Générale des Omnibus de Paris. — Rey, ingénieur de la Société Harlé et Cie.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Agen (Lot-et-Garonne.) — *Éclairage.* — La municipalité vient de s'entendre avec la Compagnie du Gaz pour installer l'éclairage électrique des principales voies.

Baisieux (Nord). — *Éclairage.* — La municipalité vient d'entrer en pourparlers avec la Compagnie d'électricité de Wasquehal pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Bourg-de-Péage (Drôme). — *Concession.* — Le conseil municipal vient d'approuver les traités passés avec la Compagnie du gaz et avec M. Clément Poitiers, concessionnaire de l'éclairage électrique.

La Charité (Nièvre). — *Concession.* — La Société du gaz franco-belge a demandé la concession de l'éclairage électrique. (Chef-lieu de canton de 5246 habitants de l'arrondissement de Cosne.)

Chéragas (Alger). — *Éclairage.* — La municipalité vient d'adopter le projet d'une distribution d'énergie électrique, présenté par la Compagnie d'énergie électrique.

Coaraze (Alpes-Maritimes). — *Éclairage.* — La question de l'éclairage électrique a été soumise au Conseil municipal.

Coulmier-le-Sec (Côte-d'Or). — *Concession.* — La Société générale électrique vient de demander la concession d'une distribution d'énergie électrique.

Coulommiers (Seine-et-Marne). — *Éclairage.* — Après avoir écarté les propositions d'installation présentées par la Société la Vallée de la Marne et par l'Omnium, la commission municipale a mis à l'étude de nouvelles propositions.

Courville (Eure-et-Loir). — Il est question d'installer une distribution d'énergie électrique.

Couterne (Orne). — L'usine électrique, d'une puissance de 10000 kw qui vient d'être installée dessert actuellement : Alençon (17843 habitants), la Ferté-Macé (6488 habitants), Bagnole-de-l'Orne et Tessé-la-Madeleine (514 habitants).

Cette usine alimentera prochainement toutes les communes situées entre Couternes et Alençon ainsi que Domfront (4663 habitants).

Deuil (Seine-et-Oise). — La concession de l'éclairage électrique accordée à la Société du gaz, vient d'être rétrocédée par cette dernière à une Société électrique.

Dreux (Eure-et-Loir). — La concession de l'éclairage électrique accordée à la Société du gaz, vient d'être rétrocédée par cette dernière à une Société électrique.

Guyotville (Alger). — *Distribution d'énergie électrique.* — La distribution d'énergie électrique, va être installée par la Société générale d'électricité de Maison-Carrée.

Labastide-Murat (Lot). — *Concession.* — La municipalité vient d'être saisie par la maison Gazelle, de Toulouse, d'une demande de concession de distribution d'énergie électrique.

Lacapelle-Viescamp (Cantal). — Il est question d'établir sur la Cère un barrage de 50 m de hauteur pour fournir la force motrice à une usine hydraulico-électrique qui alimenterait plusieurs départements.

Lille (Nord). — *Concession.* — La municipalité vient d'accorder des concessions de distribution d'énergie électrique à la Compagnie des tramways de Lille et à la Société l'Énergie électrique du Nord de la France.

LE
CALCUL DES MACHINES A COURANT ALTERNATIF

(*Suite et fin*[1].)

Fuites d'inducteurs et d'induits. — Les fuites dans l'inducteur sont, en général, plus aisément calculables que les fuites d'induit, au moins dans les machines hétéropolaires; dans les machines homopolaires, il y a une très grande incertitude en ce qui concerne les lignes de force passant autour de la machine, et par les bâtis.

Dans un alternateur hétéropolaire par exemple, les fuites des pôles se produisent :

1° Entre les becs des épanouissements polaires;

2° Latéralement aux épanouissements polaires;

3° Entre les arrondis des extrémités latérales des noyaux;

4° Latéralement aux noyaux.

Dans les trois derniers cas, l'induction croît nécessairement depuis la base des pôles jusqu'aux épanouissements, puisque la force magnétomotrice croît uniformément dans ce sens.

Nous n'entrerons pas dans le détail de ces calculs pour lesquels le simple bon sens est un guide suffisant.

Les fuites d'induit sont de plusieurs sortes :

1° Celles qui passent d'une dent à l'autre soit par les encoches, soit par les isthmes.

2° Celles qui passent d'un groupe de dents polarisées dans un sens aux groupes voisins polarisés en sens contraire, soit par des plans perpendiculaires à l'axe de rotation, soit latéralement. Comme les fuites passant d'un noyau polaire à l'autre, celles passant dans une encoche d'induit croissent depuis le fond jusqu'à l'isthme.

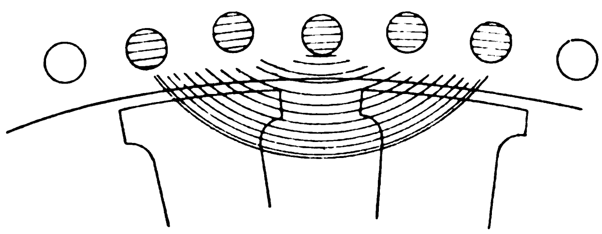


Fig. 102.

Les fuites passant d'une dent à l'autre sont à peu près indépendantes de la nature du courant débité. Il n'en est pas de même des autres. Si l'alternateur débite du déwatté les lignes de fuite ont l'allure de la figure 102, elles passent par l'entrefer d'un bec polaire au voisin; si l'alternateur débite du courant watté, les lignes de fuites ont l'allure de la figure 103, elles passent dans l'épanouissement polaire normalement aux lignes de force principales.

Il s'ensuit que les fuites d'induit sont légèrement différentes selon la nature du courant débité et l'état de saturation de l'épanouissement polaire.

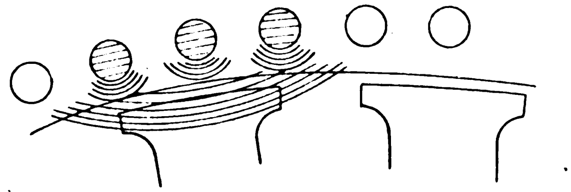


Fig. 103.

On peut en conclure également que les valeurs déduites, pour ces fuites, de l'essai en court-circuit sont légèrement trop fortes, puisque, dans cet essai, les épanouissements polaires sont le siège d'une induction beaucoup moindre que lorsque l'alternateur donne son plein voltage.

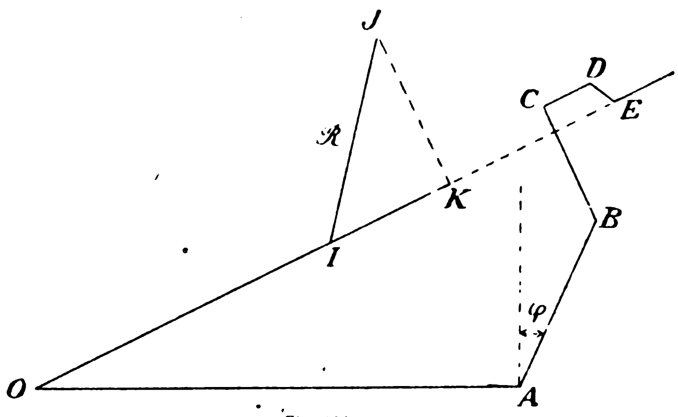


Fig. 104.

Enfin, il résulte de tout cela que l'on devrait réellement faire le diagramme des flux et des ampères-tours comme ci-dessus (fig. 104).

OA, flux donnant la différence de potentiel;

AB, fuites dans les encoches;

BC, fuites, telles que celles de la figure 103;

CD, fuites, telles que celles de la figure 102;

DE, flux donnant la chute ohmique;

(*CD*, parallèle à *OE*, *BC* normal à *OE*, *DE* normal à *AB*);

OI, excitation correspondant au flux *OE*;

IJ, réaction *R*;

OK, excitation en charge.

Mais il est difficile de connaître les valeurs relatives des trois vecteurs *AB*, *BC*, *CD*, et il est suffisant, pratiquement, de les remplacer par un seul vecteur dirigé suivant *AB*, un peu plus grand que *AB*, car *BC* et *CD* sont, en général, petits devant *AB*.

Nous avons calculé avec cette méthode de M. Potier

---

[1] Conférences de M. Boucherot. Voy. *L'Industrie électrique*, n° 501 du 10 nov. 1912, p. 485; n° 502 du 25 nov., p. 514; n° 504 du 25 déc., p. 555; n° 505 du 10 janvier 1913, p. 9; n° 506 du 25 janvier 1913, p. 28; n° 508 du 25 février 1913, p. 83. n° 510 du 25 mars 1913, p. 128; n° 511 du 10 avril 1913, p. 151; du n° 513 10 mai 1913, p. 240; n° 514 du 25 mai 1913, p. 231 et n° 517 du 10 juillet, p. 299.

un assez grand nombre d'alternateurs (assez fortement saturés et à entrefers relativement petits, c'est-à-dire dans des conditions où le remplacement des trois vecteurs par un seul semble moins permis) et nous avons constaté qu'elle conduisait à des résultats très satisfaisants. Nous en conclurons qu'on peut toujours se contenter de cette approximation.

Caractéristiques a circuit ouvert et en court-circuit. — La détermination de la caractéristique à circuit ouvert est utile, non seulement pour connaître les valeurs de l'excitation à vide, mais encore les valeurs de l'excitation en charge.

La méthode suivante est due à M. Potier :

Si l'on connait les matériaux employés pour la construction des pôles et de la culasse des inducteurs, on peut porter, selon *OB* (fig. 105), la courbe du flux dans le pôle en fonction des ampères-tours absorbés par ce pôle et la portion de culasse lui revenant.

On peut de même porter suivant *OC* la courbe du flux dans l'entrefer et dans l'induit en fonction des ampères-tours absorbés par cette portion de circuit magnétique.

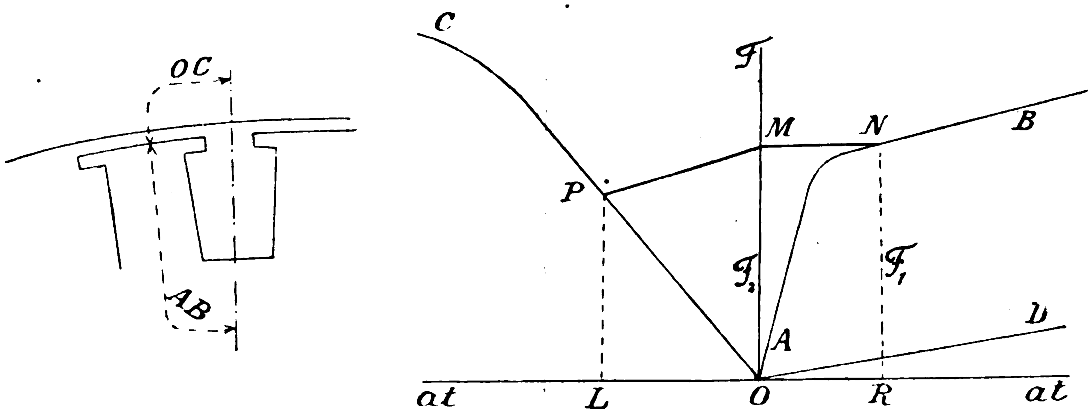


Fig. 105. — F_2 correspond à l'ordonnée *LP*.

Les fuites de l'inducteur établies comme il a été dit, permettent de porter suivant OD la courbe du flux de fuite par pôle en fonction des ampères-tours sur ce pôle.

Pour une valeur quelconque du flux dans l'induit F_2, on obtiendra l'excitation nécessaire en prenant sur OC un point P tel que son ordonnée soit F_2, en traçant PM parallèle à OD, puis MN parallèle à l'axe des abscisses ; NR est alors égal au flux dans le pôle, et LR aux ampères-tours correspondants.

On peut tracer ainsi par points la caractéristique à circuit ouvert, la force électromotrice étant proportionnelle à F_2.

Lorsque l'on a calculé D_2 (flux de fuite correspondant dans l'induit à un ampère-tour de réaction), il est facile de passer à la caractéristique de court-circuit. A un certain courant de court-circuit, correspond une réaction A_2 et un flux de fuite d'induit A_2D_2 lequel existe presque seul dans ses conditions. A ce flux, correspond, sur la caractéristique à circuit ouvert, une excitation déterminée, qui, ajoutée à A_2, donne l'excitation totale correspondante en court-circuit.

Plus exactement le flux A_2D_2 n'est pas seul existant ; le courant passant dans les enroulements exige une certaine tension destinée à compenser la chute ohmique ; d'autre part, les courants de Foucault, développés dans les pièces polaires et autres parties par le courant principal, donnent lieu, comme nous verrons tout à l'heure, à une chute ohmique supplémentaire qui peut être inférieure, égale, ou un peu supérieure à la chute ohmique proprement dite. Englobons ces deux chutes ohmiques sous un même symbole : soit F_r le flux nécessaire dans l'induit pour compenser ces chutes ohmiques.

Le flux dans l'induit est alors (fig. 106), la résultante de F_r et de A_2D_2. Le diagramme est exactement celui

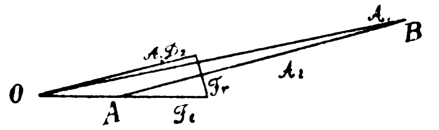


Fig. 106.

de la figure, mais comme la différence entre F_r et A_2D_2 est très grande, le résultat est très peu modifié.

L'excitation correspondant à une valeur quelconque de A_2 est exactement

$$A_2 \sqrt{(1 + A_e D_2)^2 + \left(\frac{A_e}{A_2} F_r\right)}$$

qui diffère peu de :

$$A^2 (1 + A_e D_2)$$

valeur qu'il suffit de prendre pratiquement.

Effets des courants de Foucault. — Il s'agit, bien entendu, de courants de Foucault développés dans les masses environnantes par le courant induit. Un simple rapprochement montre de suite ce que nous avons dit plus haut. Soit (fig. 107) un transformateur dans le primaire duquel passe un courant I. Ce primaire ayant une

résistance x, si le secondaire fermé sur lui-même est supposé sans résistance, la chute dans le primaire du transformateur est xI. Si nous supposons le secondaire identique au primaire, c'est-à-dire, de même nombre de spires et de résistance x, le courant secondaire étant également I, le flux développera une force électromotrice xI dans le secondaire, et une force contre-électromotrice xI dans le primaire, la chute ohmique dans celui-ci sera donc $2xI$; elle sera de $3xI$ si le secondaire a le même nombre de spires que le primaire et une résistance $2x$, etc...

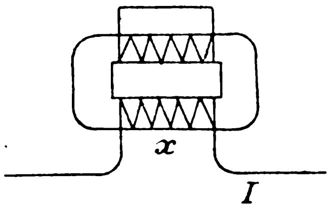


Fig. 107.

Il est donc légitime d'augmenter la résistance d'induit d'une valeur convenable pour tenir compte de ces courants de Foucault.

La difficulté est d'apprécier cette valeur convenable. Les courants induits développent, en effet, des courants de Foucault dans des organes de nature différente : tôles d'induit, tôles maîtresses, supports de ces tôles, épanouissements polaires, etc.

Fort heureusement, le vecteur correspondant à la résistance intérieure, dans le diagramme, est petit relativement aux autres : 2 à 3 pour 100 de F_2, au plus. En sorte qu'on peut se contenter de l'augmenter d'environ moitié lorsque les pôles sont feuilletés et le doubler lorsque les pôles sont massifs. En faisant ainsi, on admet implicitement que les pertes occasionnées par les courants de Foucault, développées par les courants de l'induit, sont égales à la moitié ou à la totalité des pertes par effet Joule dues à ces courants.

Cela est sensiblement vrai en polyphasé. En monophasé la résistance fictive doit être plus grande.

Exemple d'application. — Au lieu de nous proposer la réalisation d'un alternateur répondant à des conditions déterminées de puissance, tension, etc., nous procéderons différemment. Nous prendrons un pôle de dimensions déterminées et la fraction d'induit correspondante, et nous examinerons ce que l'on peut en tirer en faisant varier diverses conditions : le débit induit, son cos φ, l'entrefer, etc.

D'ailleurs, comme on a pu le voir, par les quelques exemples que nous avons déjà donnés, lorsque l'on veut réaliser un appareil quelconque, on cherche les dimensions par tâtonnements, en s'aidant de l'algèbre pour aller plus vite, si l'on veut, mais le calcul proprement dit consiste surtout dans une justification finale des dimensions adoptées aux divers points de vue des tensions, intensités, cos φ, rendement, échauffement, etc.

Supposons un pôle rond (fig. 108) de 15 cm de diamètre et de 15 cm de longueur avec un épanouissement polaire de 20 cm d'arc, 2 cm d'épaisseur et 20 cm dans le sens transversal, le pas polaire sera de 30 cm.

Si le diamètre de la machine était infini, le diamètre extérieur de notre bobine inductrice pourrait être de 300 mm.

Pour tenir compte de ce que le pas polaire est plus petit à la base du pôle, nous donnerons à notre bobine inductrice un diamètre extérieur de 260 mm. En tenant compte de ce que l'on perd 5 à 6 mm dans l'épaisseur pour la carcasse cylindrique de la bobine et 15 mm en hauteur pour les joues, nous pouvons mettre 10 couches de 26 spires de fil 4,6 mm isolé à 5 mm. Voyons ce que nous pouvons mettre d'ampères-tours dans cette bobine en comptant sur une évacuation de 20 watts par dm². La

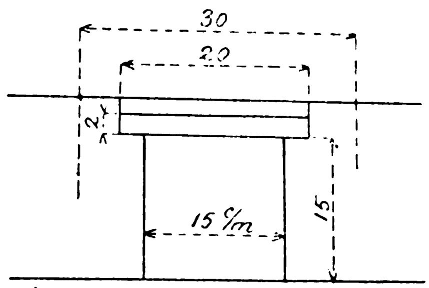


Fig. 108.

résistance à chaud de cette bobine, le diamètre moyen d'une spire étant de 210 mm, est de 0,206 ohm.

La surface de refroidissement étant de 11 dm² en comptant sur une évacuation de 20 watts par dm², la puissance pouvant être dissipée dans la bobine est de 220 watts, ce qui correspond à un courant de 33 ampères environ, et un nombre d'ampères-tours de 8500.

Ne nous préoccupons pas pour l'instant de la réalisation de l'enroulement induit ; supposons seulement cet enroulement triphasé, et à une spire par phase et par pôle.

Nous allons d'abord chercher à nous rendre compte de la manière dont varie la puissance maxima disponible quand on maintient le nombre d'ampères-tours inducteurs constant en même temps que le flux réel dans le pôle, le cos φ des courants débités restant le même dans tous les cas et égal à 0,8.

Adoptons comme induction constante dans le pôle 15000 gauss, sa section étant 176 cm², le flux réel y est $2{,}64 \cdot 10^6$. De ce flux il faut déduire les fuites du pôle même, à pleine charge, lesquelles seront les mêmes dans tous les cas. Lorsque nous avons 8500 A-t sur un pôle, la différence de potentiel magnétique entre deux becs polaires est 17000 A-t, ce qui, pour un centimètre d'entrefer, correspondrait à une induction de 21200 gauss. Nos becs polaires étant écartés de 10 cm, l'induction entre eux est de 2120 gauss, la section de passage étant $2 \times 20 =$ 40 cm², le flux passant d'un bec à l'autre directement est 85000. Nous ajouterons la moitié de ce chiffre pour tenir compte de ce qui passe latéralement.

En haut des noyaux polaires l'induction est :

Dans la partie médiocre	1400 gauss
Sur les bords	700 —
Moyenne.	1050 —

En bas, l'induction est nulle. Nouvelle moyenne 525

de haut en bas, avec une section droite de 225 cm². Le flux passant directement d'un cylindre à l'autre est donc 118000, auquel nous ajouterons la moitié pour tenir compte de ce qui passe latéralement.

Donc, en tout d'un pôle à l'autre :

$$85\,000 + 42\,000 + 118\,000 + 59\,000 = 304\,000.$$

Comme il y a un pôle de chaque côté de celui que l'on considère, le flux de fuite total est 608000 pour 8500 A-t

$$\text{(soit, en passant, } D_1 = \frac{608\,000}{8500} = 71{,}5\text{).}$$

Nous aurons donc pour le flux F_c sortant du pôle :

$$10^6\,(2{,}64 - 0{,}61) = 2{,}03\,.\,10^6.$$

Par une construction inverse de celle indiquée précédemment on peut déduire de là F_2, connaissant A_2D_2 (et négligeant la résistance pour cette simple comparaison). Pour D_2 un calcul assez long donne $D_2 = 230$, en se fixant certaines dimensions de l'induit, c'est-à-dire 230 maxwells quand $A_2 = 1$, ou quand l'intensité efficace par phase est 0,47 ampère.

En se donnant pour la réaction A_2 les valeurs :

600 1000 2000 4000 A-t,

on trouve ainsi pour F_2 :

1,94 1,88 1,72 $1{,}34 \times 10^6$,

ce qui donne une tension aux bornes par phase :

4,3 4,15 3,8 2,96 volts.

L'intensité par phase est :

282 470 940 1880 ampères.

La puissance réelle, avec $\cos\varphi = 0{,}8$:

2900 4700 8600 13400 watts.

La section d'entrefer étant 400 cm² et le flux en charge dans chaque cas $F_e = 2{,}03 . 10^6$, l'induction y est 5100 gauss ; elle exige 4000 A-t par cm environ. Or, les ampères-tours utiles au circuit magnétique se déduisent dans chaque cas du diagramme, on trouve ainsi :

8000 7760 6800 4800.

Si l'on admet simplement que tout est absorbé par l'entrefer, cela conduit à des épaisseurs de :

20 19,4 17 12 mm.

Les excitations à vide sont :

7700 7200 5800 5200 A-t,

soit pour les rapports entre l'excitation en charge et l'excitation à vide :

1,1 1,18 1,45 2,7.

En résumé les puissances croissent considérablement quand l'entrefer diminue ; mais, par contre, les rapports entre les excitations en charge et à vide croissent aussi considérablement, ce qui est gênant pour la régulation de la tension, puisque cela augmente les chutes de tensions provoquées par une variation de charge relative donnée.

Il convient donc, lors de la construction ou de la vente d'un alternateur, de bien stipuler quelque chose à cet égard, soit le rapport du courant d'excitation en charge au courant d'excitation à vide, soit la chute de tension entre la marche à vide et la marche en charge avec une même excitation, soit le rapport entre le courant de court-circuit et le courant normal pour une excitation donnée.

Il résulte bien nettement de ces comparaisons, qu'avec de faibles chutes de tension, la puissance disponible est très sensiblement inférieure à ce qu'elle peut être avec de fortes chutes de tension ou réactions ; mais, pour adopter celles-ci, il faut nécessairement compounder les alternateurs.

Toujours sans nous préoccuper de l'induit, nous allons examiner comment peut varier la puissance avec le $\cos\varphi$ du courant débité, en conservant le même rapport entre l'excitation à vide et l'excitation en charge.

En adoptant la solution à 19,4 mm d'entrefer, l'excitation à vide 7300, en charge 8500, d'après ce que nous avons dit précédemment, la machine n'étant pas saturée, nous pouvons traiter le problème par le simple triangle en substituant à A_2 : $(1 + A_eD_2)\,A_2$. Or dans ce cas : $A_e = 0{,}00388$; il nous suffit donc de remplacer A_2 par $1{,}88\,A_2$.

Nous obtenons ainsi les chiffres suivants :

$\cos\varphi$	1	0,9	0,8	0,6	0
A_2	2 300	1 220	1 000	800	640
Puissance apparente V-A	13 500	7 150	5 850	4 680	3 740
Puissance réelle W	13 500	6 400	4 700	2 800	0

Il est donc encore de toute nécessité, lors de la construction ou de la vente d'un alternateur, de bien spécifier le $\cos\varphi$ des courants débités.

Nous avons, dans tout ce qui précède, fait varier diverses circonstances mais en supposant que l'induit conserverait toujours la même réluctance, le même coefficient de fuite D_2 et la même résistance intérieure que nous avons supposée nulle.

Voyons maintenant les modifications que subirait l'induit dans ces diverses circonstances. Nous avons trouvé que, en augmentant la réaction A_2, et diminuant parallèlement l'entrefer, nous pouvions produire une puissance très sensiblement différente dans les deux cas extrêmes. Mais pour augmenter cette réaction, il nous faut placer plus de fil dans l'induit, c'est-à-dire augmenter la largeur et la hauteur des encoches. Dans l'augmentation de largeur des encoches, on se trouve limité à un certain moment par l'induction dans la denture, pour laquelle il est prudent de ne pas dépasser un certain chiffre. On peut voir en effet (fig. 105), que si par suite d'une denture trop étroite la courbe OC s'infléchit pour de fortes valeurs de F, il en résulte une augmentation, non seulement des ampères-tours OL, mais encore aussi des

ampères-tours OR, les fuites augmentant dans l'inducteur.

Lorsque l'on est arrivé dans l'élargissement des encoches à l'induction maxima admissible dans la denture (induction maxima qui varie entre 16 et 22000 suivant les constructeurs) on n'a plus que la ressource, pour rajouter du fil, d'augmenter la hauteur de ces encoches. Mais, en augmentant la hauteur de ces encoches on augmente les fuites dans lesdites encoches, et par conséquent le coefficient D_2 de l'induit.

On peut encore augmenter la largeur des encoches en donnant à l'induit une dimension, parallèlement à l'axe, plus grande, de manière à conserver la même section pour la denture, mais le coefficient D_2 est évidemment proportionnel à cette dimension de l'induit.

Donc, d'une façon comme de l'autre, pour ajouter du fil au delà d'une certaine quantité, on est conduit à augmenter D_2. La grande différence entre les exemples extrêmes que nous avons choisis, se trouve donc atténuée partiellement par l'influence de la variation de D_2.

Pour la même raison, les puissances apparentes extrêmes correspondant à des cos φ : 0 et 1, sont moins différentes que dans le tableau dressé précédemment, puisque, pour réaliser une machine de 13500 volts-ampères par pôle à cos $\varphi = 1$, il faut, sur l'induit, près de 4 fois plus de fil, que pour la réaliser de 3740 volts-ampères avec cos $\varphi = 0$.

La quantité de chaleur produite dans l'enroulement induit étant proportionnelle également à la quantité de fil, elle tend à modérer les écarts dans le même sens que les fuites d'induit.

Pour clore cette étude sur les alternateurs, proposons-nous d'employer un certain nombre de pôles tel que celui étudié à la réalisation d'une machine à grande réaction avec une chute de tension de 30 à 35 pour 100,

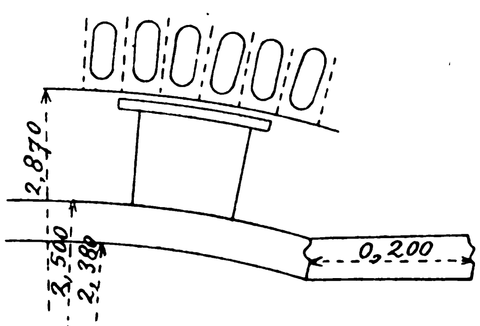


Fig. 109.

ce qui correspond à celui des cas examinés pour lequel on obtiendrait environ 3,8 volts par spire et 8600 watts par pôle ; mais à titre d'exercice, nous nous arrangerons de manière que la machine soit partiellement saturée.

Avec 30 de ces pôles, nous aurons une machine d'environ 300 kilowatts, triphasée, à 50 périodes par seconde, 3000 volts entre 2 fils et tournant à 200 t : min.

Nous chercherons exactement quelles seraient les excitations à vide et en charge. La pleine charge correspond à 3000 volts, 72 ampères, avec un cos $\varphi = 0,8$. $(3000.72.\sqrt{3}.0,8 = 300000)$.

Pour placer ces 30 pôles, il nous faut une culasse d'inducteur ayant un diamètre extérieur de 2,50 m (fig. 109). Cette culasse en acier, par exemple, aura 2,33 m de diamètre intérieur et 20 cm de largeur parallèlement à l'axe pour que la section soit un peu supérieure à celle du pôle. L'induit aura un diamètre intérieur de 2,87 m, laissant un entrefer que nous fixerons à 12 mm nous déterminerons son diamètre extérieur tout à l'heure.

Le pas polaire sera : $\frac{2,87 \cdot 3,14}{30} = 0,30$ m. Valeur admise dans l'étude du pôle.

La tension par phase sera : $\frac{3000}{\sqrt{3}} = 1730$ v ; en adoptant 360 spires par phase, nous devons produire par spire $\frac{1730}{360} = 4,8$ volts, ce qui correspond à un flux F_2 de $\frac{4,8}{2,2} \times 10^6 = 2140000$ et à des inductions utiles de 12150 dans le pôle, 8900 dans la culasse et 5550 dans l'entrefer.

Nous adopterons dans l'induit 6 trous par pôle avec 12 fils par trou. Nous aurons devant l'épanouissement polaire tantôt 4 dents, tantôt 5 dents. Pour avoir une

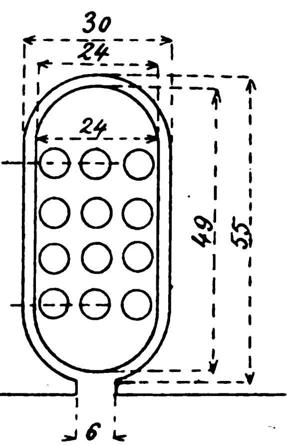


Fig. 110.

induction ne dépassant pas 18000 dans ces dents, il nous faut une section de passage d'au moins 120 cm², soit par dent au moins 30 cm².

On donne toujours à l'induit, une largeur un peu plus grande que celle de l'épanouissement polaire, afin d'être certain, les tôles de l'induit ayant toujours un peu de voile, que l'épanouissement ne débordera jamais des tôles. Nous adopterons 21 cm comme largeur d'induit. Chaque dent devra avoir au moins 17 mm de largeur, nous adopterons des dents de 20 mm et des encoches de 30 mm de largeur.

Nous adopterons comme conducteur induit un câble de 19 fils 14/10 ayant une section de 29,3 mm² et un diamètre de 7,8 mm tressé. La densité de courant y sera de

2,5 ampères par mm². Nous placerons nos 12 câbles en 4 rangées de 3 (fig. 110) dans un tube de micanite ayant 3 mm d'épaisseur et intérieurement 24×49 mm. L'encoche aura 30×55. Elle sera ouverte de 6 mm du côté de l'entrefer, afin de diminuer les fuites dans l'isthme.

Les bobines seront réalisées à raison de une par phase pour 2 pôles (fig. 111), chacune d'elles comprenant 24 spires. Nous aurons pour l'ensemble de la machine

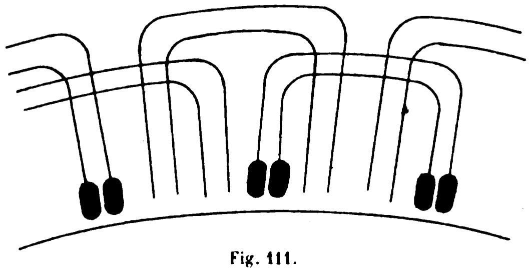


Fig. 111.

45 bobines, soit 15 par phase, qui seront couplées en série.

De ces 45 bobines, 22 seront longues, 22 courtes, et 1 mixte. Une des phases contiendra 8 bobines et 7 courtes ; la deuxième, 7 longues et 8 courtes ; la troisième 7 longues, 7 courtes et la mixte. La différence de résistance en résultant sera insignifiante.

Pour que l'induction dans les pôles de la culasse d'induit soit convenable, nous donnerons à la hauteur radiale de ces tôles : 170 mm, celles-ci devant être assemblées par des boulons de 20 mm.

Les isthmes ayant environ 2 mm d'épaisseur, les hauteurs utiles et inductions seront :

A l'endroit des boulons :	$170 - 57 = 113$	Induction : 5300
Entre les boulons :	$103 - 25 = 88$.	Induction : 6800

Caractéristique a vide. — Le tracé de la courbe AB (fig. 105) est facile à exécuter ; le pôle ayant 15 cm de longueur et la longueur d'une ligne de force moyenne dans la culasse étant de 11 cm, il suffit pour avoir les abscisses d'ajouter les ampères-tours correspondants à ces deux parties.

La ligne de fuite OD est une droite dont l'un des points nous a été donné précédemment, c'est 610000 en ordonnées pour 8500 en abscisse.

Quant aux abscisses de la courbe OC, elles sont la somme des ampères-tours pour l'entrefer, la denture et la culasse d'induit.

Pour l'ordonnée $F_2 = 2,140000$ par exemple, l'induction dans l'entrefer étant 5350 gauss, celui-ci absorbe :

$$5350 \times 0,8 \times 1,2 = 5150 \text{ ampères-tours.}$$

L'induction dans la denture étant exactement 15000 et la longueur moyenne 4 cm, cette partie absorbe 110 ampères-tours ; la longueur d'une ligne de force moyenne dans la culasse d'induit étant de 13 cm, et l'induction moyenne 6000 gauss, celle-ci absorbe 40 ampères-tours environ.

L'abscisse correspondante à cette ordonnée est donc : $5150 + 110 + 40 = 5300$. La courbe OC commence déjà à s'infléchir un peu pour ce point, mais nous pourrons cependant admettre pour :

$$A_e = \frac{5300}{2140000} = 0,00248.$$

La caractéristique à vide tracée, nous trouvons pour l'excitation à vide 5620 ampères-tours, soit :

$$J = \frac{5620}{260} = 21,6 \text{ ampères.}$$

Il y aura donc à vide aux bornes des inducteurs.

$$21,6 \times 0,206 \times 30 = 135 \text{ volts.}$$

Caractéristique en court-circuit. — Puisqu'elle est droite nous ne calculerons qu'un point ; nous choisirons de préférence celui correspondant à 72 ampères dans l'induit. La réaction est alors :

$$A_2 = 12 \times 72 \times 1,5 \times \sqrt{2} = 1830.$$

En conservant toujours la même valeur de $D_2 = 230$, l'excitation correspondant en court-circuit à 72 ampères de débit est :

$$A_1 = 1830\,(1 + 0,00248 \times 230) = 2880 \text{ A-t.}$$

$$\text{soit : } J = \frac{2880}{260} = 11 \text{ ampères.}$$

Excitation en charge. — Il nous faut la chute ohmique. La résistance par phase est de 0,3 ohm, la chute de tension est donc de 22 volts environ et la chute composée de 38 volts.

Pour tenir compte des courants de Foucault, portons ce chiffre à 50 volts. Le flux nécessaire pour ces 50 volts est :

$$\frac{2\,140\,000 \times 50}{3000} = 36\,000.$$

Le flux F_e (fig. 84) sera donc la résultante de :

F_2	2 140 000
F_r	36 000
$A_2 D_2 = 230 \times 1830$	420 000
Soit $F_e = 2\,450\,000$	

Sur la caractéristique à vide, ce flux correspond à 7100 ampères-tours, que nous porterons en OA, et que nous composerons avec A_2 qui est égal à 1830.

Comme nous l'avons montré, deux manières de faire sont en présence ici ; on peut prendre la résultante de OA et de A_2, qui vaut 8500, ou la somme arithmétique de OA et de A_2 projetée sur OA, somme qui vaut 8400. Il y a donc très peu de différence, et il y a une cause d'erreur bien plus grande : c'est celle qui résulte de ce que les 1300 ou 1400 ampères-tours, ainsi ajoutés sur les pôles pour compenser la projection de A_2 sur OA, donnent lieu à un supplément de fuites pour ce pôle qui est :

$$\frac{1300}{8500} \times 160\,000 = 93\,000.$$

De ce fait le flux dans le pôle au lieu d'être F_e (c'est-à-dire $2\,450\,000) + 610\,000 \times \frac{7100}{8500}$ ($= 510\,000$) soit 2,96, est en réalité $2,96 + 0,093 = 3,05$, ce qui correspond sur la caractéristique à vide, non pas à 7100, mais à 7500.

Finalement, les ampères-tours inducteurs en charge sont 8800 et le courant d'excitation 34 ampères. A cet égard, la construction de la figure 105 doit être modifiée comme suit : (fig. 112) en charge.

Prendre comme précédemment P sur OC de manière que $PL = F_e$, porter horizontalement et à gauche PK égal

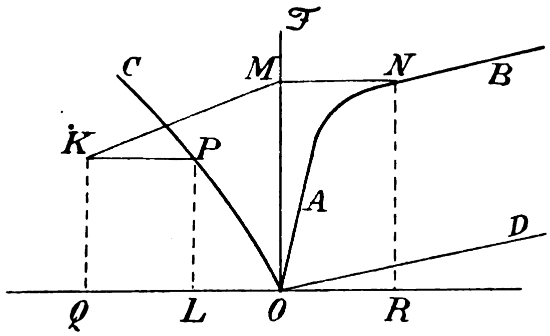


Fig. 112.

à la projection de A_2 dans le diagramme; mener KM parallèle à OD, puis MN horizontalement, QR est l'excitation en charge.

Le rapport de l'excitation en charge à l'excitation à vide dans cette machine serait $\frac{8800}{5620} = 1,56$.

Le courant de court-circuit avec la pleine excitation de 34 ampères serait de : $\frac{8800}{2880} \times 72 = 225$ ampères, soit 3 fois le courant normal.

Quelle est la chute de tension, c'est-à-dire la différence rapportée à 3000 volts et la tension obtenue avec 21,6 A d'excitation en débitant 82 ampères et $\cos\varphi = 0,8$?

S'il n'y avait pas saturation la tension obtenue dans ces conditions serait : $\frac{3300}{1,56} = 1920$.

A cause de la saturation il faut procéder par approximations successives, et l'on trouve ainsi 1990 volts. La chute de tension est donc de :

$$\frac{3000 - 1990}{3000} = 33 \text{ pour } 100.$$

Quelle est la surélévation de tension, c'est-à-dire la différence rapportée à 3000 volts entre la tension obtenue à vide avec l'excitation de 34 ampères et 3000 volts? S'il n'y avait pas saturation du tout, la tension obtenue dans ces conditions serait 4700 v. A cause de la saturation, elle n'est que 3760 et la surélévation de tension de

$$\frac{3760 - 3000}{3000} = 25 \text{ pour } 100.$$

On voit, par cet exemple, que la chute de tension et l'élévation de tension sont deux choses différentes et qu'il convient de bien spécifier ce que l'on désire à cet égard dans un marché.

Calcul par la séparation des puissances. — Ainsi que nous l'avons indiqué aux généralités, on peut appliquer au calcul des alternateurs la méthode générale de séparation des puissances. Pour ne pas être conduit à de trop longs développements nous n'en ferons ici que l'application au calcul du courant d'excitation en charge.

Il nous faut, pour cela, connaître la réaction de fuites par phase S_2 en partant du flux de dispersion D_2. Il suffit d'appliquer la définition des coefficients de self-inductance à une phase, mais en tenant compte du flux de mutuelle dû aux autres.

Le flux de fuites $D_2 = 250$ correspond à $A_2 = 1$; dans ces conditions il y a $\frac{1}{12 \cdot 1.5\sqrt{2}} = 0,0392$ ampère efficace par phase; au moment où le courant est maximum (0,0555) dans une phase, le flux y est 250. Pour 10 A il serait $\frac{10 \cdot 250}{0,0555} = 41\,400$.

L'inductance de fuites pour un pôle est donc $12 \cdot 41\,400 = 497\,000$ et pour les 30 pôles : $30 \cdot 497\,000 = 14\,900\,000$ C.G.S. ou 0,0149 henry.

La réactance de fuites par phase S_2 a donc pour valeur $314 \cdot 00149 = 4,68\ \omega$.

La résistance R_2 a été trouvée précédemment de 0,3 ω par phase, et a été portée à 0,4 ω pour tenir compte des courants de Foucault.

Il suffit de conduire les calculs comme nous avons déjà fait pour le transformateur, en observant bien qu'il s'agit ici de champs tournants.

	P	π
Les puissances aux bornes sont, à pleine charge, par phase, en w	100 000	75 000
Les pertes dans enroulements, par phase, (R_2I^2 et S_2I^2).	20 80	24 00
	102 080	99 000

La puissance apparente intérieure : 142 000 v-A.

D'où, en divisant 72 A, la tension que doit développer le flux F_e : $\frac{142\,000}{72} = 1970$ v par phase, soit $\frac{1970}{360} = 5,45$ v par spire. D'où $F_e = \frac{5,45}{2,22} 10^6 = 2\,450\,000$, valeur conforme à celle trouvée par la méthode Potier.

Pour passer à l'inducteur il faut considérer l'ensemble des 3 phases pour lequel $P = 306\,200$ w, $\pi = 297\,000$ v-A et la puissance apparente $\sqrt{P^2 + \pi^2} = 426\,000$ v-A.

Supposons pour un instant que l'inducteur soit remplacé par un alternofluxeur feuilleté, équivalent au point de vue magnétique, diphasé, ayant une spire par pôle et par phase.

L'ensemble constituerait un transformateur à champ tournant et il faudrait fournir au système diphasé les puissances réelle et magnétisante ci-dessus, plus les dissipations de puissance réelle et magnétisante que nous allons évaluer.

Il y a d'abord, comme dissipation de puissance réelle, celle dans le fer de l'induit. Remarquons en passant que cette méthode tient compte ainsi de l'influence, faible d'ailleurs de cette perte sur les ampères-tours à mettre sur l'inducteur, ce dont ne tiennent pas compte les méthodes habituelles. Nous arrondirons cette perte à 9000 watts en sorte que la puissance réelle totale sera 315000.

D'autre part l'entrefer et la partie métallique du circuit magnétique absorberaient une puissance magnétisante, facile à évaluer, puisque nous savons qu'il faut 7100 A-t pour établir ce flux 2450000. Ces 7100 ampères-tours exigeraient 5000 ampères efficaces dans chaque phase du système diphasé, qui avec 5,45 v représentent 27200 v-A par phase et pôle, soit 1632000 v-A pour les 2 phases et 30 pôles. Cette puissance magnétisante, ajoutée aux 297000 v-A ci-dessus, donne 1929000 v-A de puissance totale qui, combiné aux 315000 watts de puissance réelle, donne 1950000 v-A de puissance apparente, soit 32500 v-A par pôle et phase. Sous la tension de 5,45 v, cela représente environ 6000 ampères efficaces, soit 8500 A maximum. Il faudrait donc dans ce système diphasé 8500 ampères-tours dans une phase au moment où l'autre n'en contient pas. Ce chiffre représente alors évidemment les ampères-tours constants qu'il faut dans notre inducteur et c'est bien celui trouvé par la méthode précédente.

Variation cinétique de tension. — La chute de tension dont nous avons parlé jusqu'ici est celle dont on s'occupe le plus souvent : C'est la chute qui résulte, à vitesse et excitation constantes, du courant débité et de sa phase. Mais il y a une autre chute de tension à envisager, celle qui résulte de la diminution de vitesse qui accompagne toujours une augmentation de charge dans un alternateur mû par un moteur quelconque. Un alternateur peut avoir une réaction très faible et, par contre, être très sensible aux variations de vitesse si son excitation, supposée mue par lui, est trop saturée magnétiquement.

Quel avantage peut-on retirer d'un alternateur n'ayant que 10 pour 100 de chute de tension à vitesse constante, si, d'autre part, la tension diminue de 30 pour 100 quand la vitesse diminue de 3 pour 100. Comme cette diminution de vitesse de 3 pour 100 se produira certainement du fait de la charge, la chute totale de tension sera de 40 pour 100, c'est-à-dire aussi grande et aussi nuisible que si l'alternateur était à forte chute de tension, mais peu sensible aux variations de vitesses :

Il est donc utile de connaître la variation de tension correspondant à une variation de vitesse déterminée.

Nous appellerons variation cinétique de tension le rapport défini par l'égalité :

$$\Delta = \frac{\dfrac{dU}{U}}{\dfrac{d\Omega}{\Omega}}$$

Ω étant la vitesse angulaire dont une variation infiniment petite est $d\Omega$; U étant la tension dont la variation dU correspond à la variation $d\Omega$ de la vitesse.

C'est bien en effet ce rapport qu'il convient d'envisager industriellement. C'est un nombre; c'est, industriellement, la variation de tension pour 100 correspondant à une variation de vitesse de 1 pour 100. Ce nombre est en général supérieur à 1; il n'est égal à 1 que dans une machine dynamo ou alternateur, excitée séparément.

Pour se rendre compte de la valeur théorique de Δ pour une dynamo ou un alternateur, il faut nécessairement faire abstraction de l'hystérésis des inducteurs; si l'on voulait en tenir compte, il faudrait se livrer à des calculs extrêmement longs et laborieux.

Dynamos a courant continu. — Supposons d'abord que la machine soit complètement à vide et à excitation shunt. Soit $E = f(J)$ (Voy. fig. 113) la caractéristique à circuit

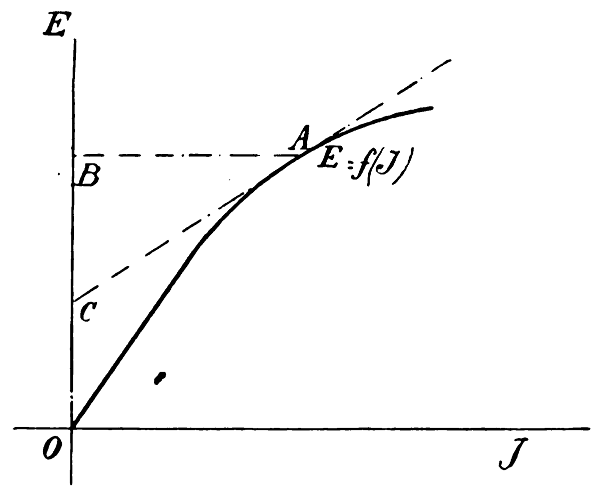


Fig. 113.

ouvert et en excitation séparée de la dynamo en question. Soit A le point de fonctionnement sur la caractéristique; autrement dit, soit E_1 la tension de fonctionnement à la vitesse Ω_1, pour laquelle on veut connaître la variation cinétique.

Pour une vitesse quelconque Ω la tension est

$$E = f(J)\frac{\Omega}{\Omega_1}.$$

Si la machine fonctionne en auto-excitation avec une résistance totale des inducteurs R (bobine et rhéostat) on a : $E = RJ$.

Et si l'on ne touche pas à la résistance R, c'est-à-dire si R est constant, on tire :

$$dE = \frac{f(J)}{\Omega_1}d\Omega + \frac{\Omega}{\Omega_1}f'(J)\,dJ = \frac{f(J)}{\Omega_1}d\Omega + \frac{\Omega}{\Omega_1}\frac{f'(J)}{R}dE$$

d'où

$$dE = \frac{1}{\Omega_1}\frac{f(J)\,d\Omega}{1 - \dfrac{\Omega}{\Omega_1}\dfrac{f'(J)}{R}}$$

(quel que soit Ω, et pour $\Omega = \Omega_1$ et $E = E_1$),

$$dE = \frac{OB}{1 - \frac{BC}{ABR}} \frac{d\Omega}{\Omega} = \frac{\overline{OB}}{OC} \frac{d\Omega}{\Omega}, \quad \text{d'où} \quad \Delta = \frac{OB}{OC}.$$

Il est évident que la construction sera la même pour une dynamo en charge, à la condition de substituer, à la caractéristique à circuit ouvert, une caractéristique obtenue en fermant l'induit sur une résistance constante, égale à la résistance réduite du réseau à pleine charge.

Il en sera de même pour une dynamo série, puisque les équations seraient absolument les mêmes en remplaçant J par I (courant principal) et R par R' (résistance du réseau).

C'est aux environs de 2 que la variation cinétique a la valeur la plus convenable à tous égards, en ce qui concerne les dynamos à courant continu. Cette valeur 2 est facile à obtenir sans grande dépense d'excitation et il n'est pas excessif que la tension varie de 2 pour 100 quand la vitesse varie de 1 pour 100.

Alternateurs. — Évidemment, pour un alternateur excité séparément, la variation cinétique Δ est égale à 1.

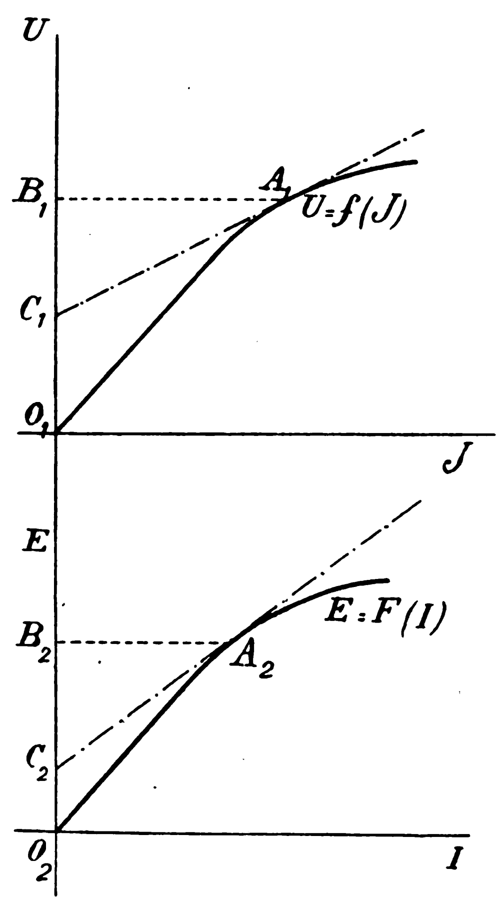


Fig. 114.

La question est plus complexe pour un alternateur portant son excitatrice soit en bout d'arbre, soit commandée par engrenage ou courroie. Il faut alors faire intervenir les caractéristiques de l'excitatrice et de l'alternateur. Soient alors (fig. 114) ces caractéristiques. Celle de l'excitatrice $U = f(J)$ doit nécessairement être établie pour induit fermé sur une résistance égale à celle des inducteurs de l'alternateur (bobine et rhéostat). Si l'on cherche la variation cinétique de l'alternateur à vide $E = F(I)$ sera établie pour l'alternateur à circuit induit ouvert. Ces caractéristiques étant encore tracées pour la vitesse Ω_1, les tensions aux bornes sont en général :

$$U = f(J)\frac{\Omega}{\Omega_1} \qquad \text{et} \qquad E = F(I)\frac{\Omega}{\Omega_1}.$$

avec $U = R_e$, $J = R_a\, I$ (R_e, résistance inducteurs de l'excitatrice, R_a résistance inducteurs de l'alternateur).

$$dE = \frac{F(I)}{\Omega_1} d\Omega + \frac{\Omega}{\Omega_1} F'(I)\, dI = \frac{F(I)}{\Omega_1} d\Omega + \frac{\Omega}{\Omega_1} \frac{F'(I)}{R_a} dU.$$

Mais

$$dU = \frac{f(J)}{\Omega_1 - \Omega \frac{f'(J)}{R_e}} d\Omega$$

$$dE = \left[F(I) + \frac{F'(J)}{R_a} \frac{f(J)}{1 - \frac{f'(J)}{R_e}} \right] \frac{d\Omega}{\Omega}$$

$$\Delta = 1 + \frac{B_2 C_2}{A_2 B_2 R_a} \frac{1}{O_2 B_2} \frac{O_1 B_1}{1 - \frac{B_1 C_1}{A_1 B_1 R_e}} = 1 + \frac{B_2 C_2}{O_2 B_2} \frac{O_1 B_1}{O_1 C_1}.$$

D'où une construction très simple pour déterminer la variation cinétique dans ce cas, qui est égale à l'unité augmentée du produit de 2 rapports très faciles à effectuer.

En appelant Δ_1 et Δ_2 les variations cinétiques individuelles définies comme celles d'une dynamo ordinaire :

$$\Delta_1 = \frac{O_1 B_1}{O_1 C_1} \qquad \qquad \Delta_2 = \frac{O_2 B_2}{O_2 C_2}$$

on a encore :

$$\Delta = 1 + \Delta_1 \left(1 - \frac{1}{\Delta_2}\right).$$

Dans ce cas encore la plus petite valeur de la variation cinétique correspondant à un alternateur infiniment saturé ($\Delta_2 = 1$) est égale à l'unité

En supposant un alternateur et une excitatrice modérément saturés $\Delta_1 = 2$, $\Delta_2 = 2$, Δ est égal à 2. Mais pendant longtemps les constructeurs ont fait travailler les alternateurs ordinaires sur la partie droite de la caractéristique, $\Delta_2 = \infty$, en se contentant de saturer modérément l'excitatrice, $\Delta_1 = 2$; il en résulte $\Delta = 3$.

D'une façon générale pour des alternateurs travaillant sur la partie droite, la variation cinétique est simplement celle de l'excitatrice augmentée d'une unité, ce qui est évident *a priori*.

Les formules restent les mêmes pour un alternateur en

charge, à condition de substituer à la caractéristique à vide la caractéristique en charge.

Mais là encore, deux cas sont à envisager suivant que l'alternateur peut être considéré comme travaillant sur une résistance apparente constante ou à débit constant. Une autre complication résulte de ce que le cos φ peut varier; nous éliminerons cette variation et supposerons d'abord, pour examiner ce qui se passe, que le cos φ reste constant.

Nous avons représenté (fig. 115) les caractéristiques

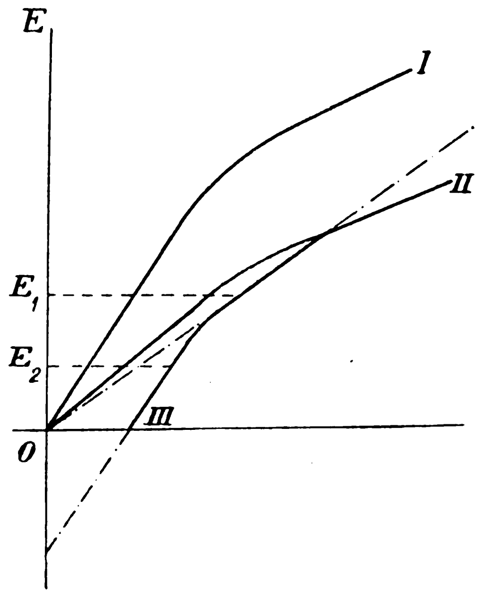


Fig. 115.

correspondantes : *OI* est la caractéristique à vide; *II*, *III* est la caractéristique à débit et à cos φ constants(1). *OIII* est caractéristique à impédance et cos φ constants.

On voit qu'à impédance et cos φ constants l'allure de Δ_2 pour des tensions différentes est à peu près la même qu'à vide. A débit et cos φ constants il en est tout autrement : Δ_2 est petit et positif pour les tensions élevées, passe par $\pm\infty$ pour une tension moyenne E_1, et est toujours négatif pour les faibles tensions (sensiblement égal à — 1 pour E_2 dans la figure. $\frac{1}{\Delta_2}$), est donc positif, mais toujours plus petit que 1 pour les tensions élevées, nul pour la tension E_1 et négatif pour les faibles tensions. En donnant à Δ_1 une valeur raisonnable, 2 par exemple,

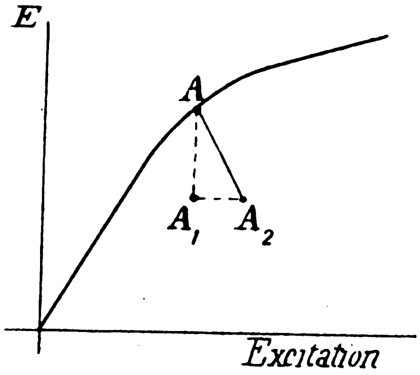


Fig. 116.

Δ est compris entre 1 et 3 pour les tensions élevées, égal à 3 pour la tension E_1 et plus grand que 3, 5, 10 ou plus, pour les tensions telles que E_2, inférieures à E_1.

COMPOUNDAGE DES ALTERNATEURS. — Les raisons qui militent en faveur du compoundage des alternateurs, ont certainement été entrevues suffisamment dans le paragraphe précédent; mais il y en a d'autres, notamment le couplage en parallèle.

La nature du courant débité par l'alternateur étant différente de celle du courant d'excitation, il faut nécessairement un organe intermédiaire entre l'induit et l'inducteur. Cet organe peut avoir les formes les plus

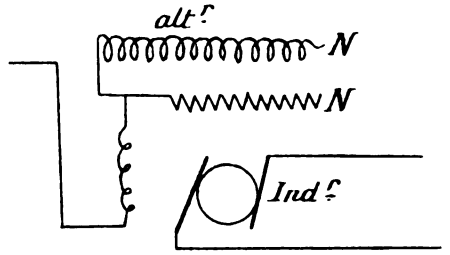


Fig. 117.

diverses. On peut employer à cet effet les commutatrices, les permutatrices, des dynamos à enroulements sinusoïdaux, etc.; en un mot, toutes les machines permettent d'obtenir un courant continu proportionnel à un courant alternatif. La proportionnalité doit exister aussi bien pour les intensités que pour les différences de potentiel; autrement dit, la résistance des inducteurs d'un alternateur étant une constante ou à peu près, la résistance apparente des circuits alternatifs de cet organe intermédiaire, que nous appellerons plus généralement « l'excitatrice », doit être également constante dans les limites de l'application.

Par résistance apparente des circuits alternatifs, nous entendons le quotient de la différence de potentiel par l'intensité en tenant compte de la réaction secondaire.

(1) M. Potier a montré que la caractéristique à débit *réactif* ou *déwatté* constant est obtenue simplement pour un déplacement, parallèlement à elle-même, de la caractéristique à vide dans une direction oblique par rapport aux coordonnées.

En effet (*fig.* 116) lorsque le débit est complètement réactif, le flux de fuites d'induit est exactement en opposition avec le flux utile F_2; il en résulte que la force électromotrice de fuite est en opposition avec la force électromotrice et que de ce fait, un point A de la caractéristique à vide descend en A_1. D'autre part, les contre-ampères-tours d'induit sont, pour la même raison, en opposition directe avec les ampères-tours inducteurs, et, de ce fait, le point A_1 est déplacé vers la droite en A_2. A_2 est donc un point de la caractéristique à débit déwatté constant, et tous les points de cette caractéristique peuvent être obtenus par des déplacements parallèles et égaux des points de la caractéristique à vide.

Lorsque le cos φ est différent de zéro, ceci n'est plus vrai; mais l'allure de la caractéristique reste cependant celle de la courbe II, III de la figure 115.

Ceci posé, l'organe intermédiaire peut être appliqué sous deux formes différentes :

1° Il peut posséder 2 primaires alternatifs et un seul secondaire continu, les deux primaires étant alimentés par l'induit de l'alternateur, l'un en dérivation, l'autre en série (fig. 117), et décalés d'un angle convenable l'un par rapport à l'autre (Leblanc).

2° Il peut être alimenté directement en dérivation par l'induit de l'alternateur avec interposition en série du secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par le courant principal (fig. 118).

Du premier système nous dirons peu de chose. On comprend très bien, dès l'abord, qu'avec une telle disposition, l'excitation alternative dérivée de l'excitatrice produit dans celle-ci une force électromotrice et un cou-

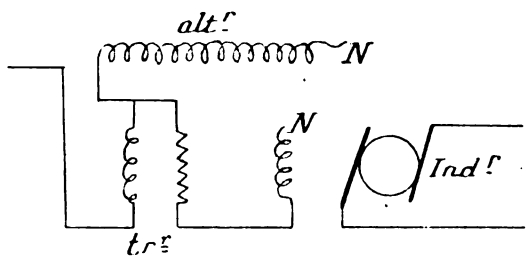


Fig. 118.

rant continu constant, fournissant l'excitation de l'alternateur à vide, et que l'excitation série peut renforcer ce courant continu lorsque l'alternatrice débite. Mais, lorsque l'on regarde les choses de plus près, le fonctionnement ne semble plus aussi simple; la réaction de la partie continue de l'excitatrice jouant un rôle très important.

Du reste, il est difficile d'en dire plus long : une seule machine d'expérience de ce système ayant été réalisée, et aucune suite industrielle véritable n'y ayant été donnée, il est probable que des obstacles insurmontables se sont opposés à son développement.

Le second a, au contraire, reçu un nombre d'applications suffisantes pour être classé dans les procédés industriels; aussi vous en dirai-je quelques mots.

Ainsi que nous avons vu, lorsqu'il n'y a pas saturation, l'excitation en fonction du débit et de son cos φ doit varier suivant la formule :

$$A_1^2 = x + a A_2 \sin \varphi)^2 + (\alpha A_2 \cos \varphi)^2$$

formule aussi ancienne que les alternateurs.

Lorsqu'il y a saturation, la forme devient évidemment plus compliquée, mais pratiquement elle peut encore se ramener à la précédente, en remplaçant α par une valeur plus grande.

A_2 étant égal, à une constante près, à l'intensité dans l'induit, l'excitation doit être finalement de la forme :

$$\sqrt{(A + BI \sin \varphi)^2 + (BI \cos \varphi)^2}$$

dans laquelle :

A et B sont des constantes dépendant des éléments de construction de l'alternateur; I, l'intensité efficace débitée par un enroulement de l'induit; φ, la phase de cette intensité par rapport à la différence de potentiel aux bornes.

Mais puisque dans l'excitatrice les courants et tensions débités par le rotor sont proportionnels aux courants et tensions reçus par le stator, il suffit que ces derniers soient, l'un ou l'autre, également de cette forme.

C'est ce que donne l'adjonction du transformateur de compoundage à l'excitatrice; le calcul en est facile.

Cela ne signifie pas évidemment que E est constant; pour prouver cette dernière proposition, il faudrait faire intervenir des considérations d'équilibre eu égard à la caractéristique d'aimantation de l'alternateur, absolument comme s'il s'agissait de machines à courant continu à auto-excitation; cela prouve simplement, et c'est suffisant d'après ce que nous avons indiqué pour ces dernières machines, que, si E_1 est la tension correspondant à l'équilibre, la tension de régime fixe à vide, l'excitation a exactement la valeur voulue pour que cette même tension E_1 reste la tension d'équilibre, de régime fixe à toutes les charges. Mais il ne suffit pas que l'intensité dans le stator de l'excitatrice ait la valeur voulue à toutes les charges de l'alternateur; il faut encore que la position des balais soit invariable, fixe pour toutes les charges. Or, puisque l'induit de l'excitatrice est calé sur l'arbre de l'alternateur, comme les pôles de celui-ci, il suffit pour cela que le vecteur représentatif de la différence de potentiel aux bornes du stator de l'excitatrice fasse toujours un angle constant avec les pôles de l'alternateur; autrement dit, il suffit que la différence de phase entre la tension aux bornes du stator de l'excitatrice et la force électromotrice intérieure de l'alternateur soit constante. Il en est bien ainsi.

Le décalage des balais de l'excitatrice est donc invariable et la tension obtenue à l'alternateur indépendante de son débit en courant watté ou réactif. Pour plus de détails, on se reportera à la communication faite à ce sujet le 4 juin, 1902, à la Société des électriciens.

Il y a eu d'autres dispositions que les deux que nous venons de citer, proposées pour compounder les alternateurs, mais elles reposaient sur des raisonnements ou des calculs faux. Comme nous l'avons indiqué dans la deuxième disposition, l'excitatrice peut avoir une forme quelconque.

Notons, pour terminer, que, dans un alternateur compound, la variation cinétique a la même formule que dans une dynamo shunt à courant continu, puisque le courant d'excitation suit exactement les variations de la tension aux bornes de l'induit de l'alternateur, même quand la fréquence varie. De plus, elle est à peu près la même en charge qu'à vide. Enfin, en renforçant l'influence correspondante, on peut obtenir que la tension se maintienne constante, même quand la vitesse diminue, la diminution de vitesse correspondant à une charge donnée étant toujours sensiblement la même. Enfin on a souvent avantage à hypercompounder pour compenser les chutes de tension en ligne.

LOCOMOTIVE DE 1100 KILOWATTS

A

COURANT ALTERNATIF SIMPLE

AVEC

MOTEUR RÉGLÉ PAR LE DÉCALAGE DES BALAIS

Le réglage par le décalage des balais n'avait été appliqué dans le passé qu'avec des moteurs de puissance relativement modérée, appartenant au système à répulsion, type Déri, de la Société Brown Boveri et Cie.

Il est employé aujourd'hui, à titre d'essai, pour un équipement de 1100 kw, sur l'une des locomotives du chemin de fer Dessau-Bitterfeld, avec un moteur série spécial, établi par les établissements Bergmann.

Ce moteur comporte : un enroulement d'armature A, un enroulement d'excitation F, un enroulement de compensation K et un enroulement auxiliaire Z; abstraction faite de l'enroulement de compensation, le système combine donc les dispositions du moteur série compensé et du moteur à répulsion, mais l'enroulement de compensation et l'enroulement d'excitation y sont alimentés par les sections E_1 et E_2 du transformateur T; l'enroulement auxiliaire Z a pour objet d'éviter les courants parasitaires qui se produisent dans un équipement agencé de cette façon aussitôt que les balais cessent d'être placés dans le plan de l'axe de l'enroulement de compensation.

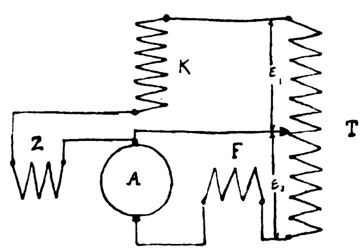


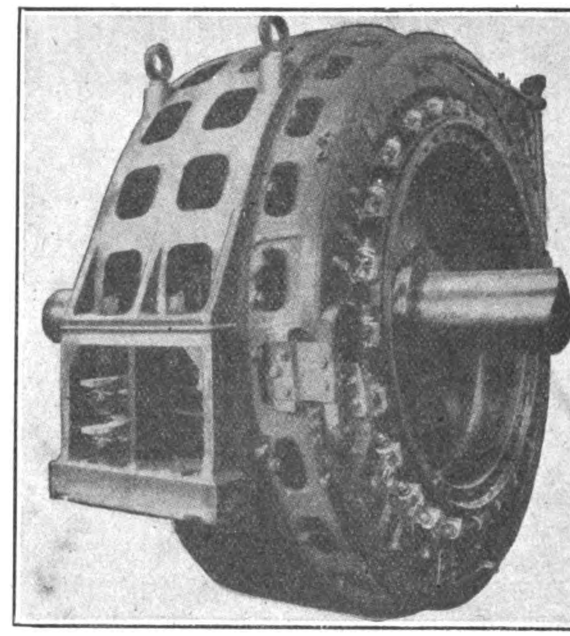
Fig. 1. — Moteur Bergmann.

Pour modifier la vitesse de rotation d'un tel moteur, il suffit de déplacer les balais dans un sens ou dans l'autre, ce qui a pour effet de modifier le champ dû à l'enroulement induit et d'augmenter ou de diminuer le champ principal, et par voie de conséquence de réduire ou d'accélérer la vitesse.

Ce réglage ne suffit pas toutefois pour donner toutes les vitesses nécessaires et on la complète en réalisant 3 degrés de tension : demi-tension, tension moyenne, tension normale; on améliore d'ailleurs de cette façon le facteur de puissance, qui est porté ainsi à 0,25-0,3 au démarrage, tandis qu'il n'atteindrait qu'à peine 0,1 si l'on démarrait à la pleine tension.

Le passage de l'une à l'autre des tensions s'effectue au moyen de contacteurs actionnés à l'air comprimé; les balais qui doivent pour chaque étape être ramenés à leur position de départ, puis poussés dans leur position extrême, sont déplacés à la main à l'aide d'une transmission à deux manivelles qui réduit la manœuvre à la simple rotation d'un volant; le dit volant est placé sur une colonne dans la cabine du conducteur; un indicateur monté sur la même colonne permet à l'opérateur de se rendre compte de la position où se trouvent les balais; toutes les manœuvres sont provoquées automatiquement par le mécanisme d'actionnement des balais; c'est de cette manière, en particulier, que se fait le renversement du sens de marche ainsi que l'actionnement des contacteurs; les divers organes sont tous entraînés mécaniquement.

Le moteur est établi pour une puissance horaire de 1100 kilowatts à la vitesse de 270 tours par minute; sa puissance permanente est de 840 kilowatts à 300 tours par minute.


Fig. 2. — Moteur de traction de 1100 kw.

A 270 tours par minute et en donnant sa puissance horaire normale, le moteur absorbe un courant de 5000 ampères sous 270 volts.

La construction générale est sensiblement la même que pour les moteurs stationnaires; le moteur est complètement ouvert; des canaux radiaux ménagés dans le noyau assurent la ventilation; le croisillon, la culasse, le commutateur, l'anneau des porte balais, etc., sont en acier moulé; la culasse est en deux pièces. Il y a 24 pôles et 24 groupes de balais, comprenant chacun quatre charbons; la largeur des balais est de 15 mm; cette dimension dépasse de beaucoup celle qui est adoptée ordinairement; elle a été choisie précisément pour faire voir que l'on peut employer des balais très larges avec les moteurs à collecteur; le collier des porte-balais est muni d'un fort rail circulaire en acier dur et tourne sur des paliers à billes, de sorte que la rotation du système peut s'opérer sans grande dépense d'énergie, malgré la pression relativement forte qu'exercent les balais à la périphérie du collecteur.

L'air comprimé pour les contacteurs est emprunté à

un réservoir auxiliaire relié à la canalisation des freins, mais l'équipement est organisé de telle façon qu'à la mise en marche le compresseur est relié avant tout à ce réservoir auxiliaire; il le charge immédiatement et assure donc la régularité du départ. Pour le restant, la locomotive ne présente pas de particularité.

Le courant est pris à la ligne d'adduction au moyen de deux dispositifs à supports pantographiques et archet mobile, il passe de ce dispositif au transformateur par l'intermédiaire d'un interrupteur à huile; le transformateur est du type à noyau, avec bain d'huile; l'équipement

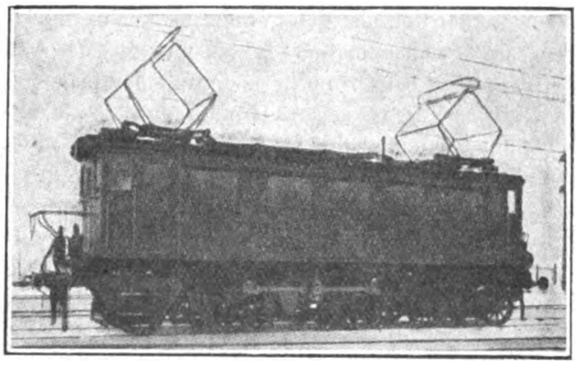


Fig. 3. — Locomotive à courant alternatif simple de 1100 kw.

se complète par le compresseur, l'éclairage et le chauffage. Au point de vue mécanique, la locomotive est une machine du type 2-B-1, les roues porteuses ont 1000 millimètres de diamètre et les roues motrices 1600 millimètres; le poids en ordre de marche est de 72 tonnes; le poids de l'équipement électrique, de 26,5 tonnes. L'effort de traction au crochet répondant à la puissance uni-horaire est de 4500 kg et celui répondant à la puissance permanente, de 3500 kg environ; d'après les essais d'atelier, l'effort maximum au démarrage est de 16500 kg.

Ces caractéristiques permettent d'arriver à une vitesse moyenne de 70 kilomètres à l'heure avec des trains de voyageurs de 430 tonnes et à une vitesse de 55 kilomètres avec des trains de marchandises de 1000 tonnes; la vitesse maxima atteinte est de 120 km à l'heure. H. M.

EXPÉRIENCES AVEC DES FOURS A ÉLECTRODES

M. F. A. J. Fitz Gerald, des Fitz Gerald et Bennie Laboratoires (Niagara Falls), et M. A. T. Hinckley, de la National Carbon C°, à Cleveland (Ohio) viennent de faire une très intéressante communication dont nous donnons la substance.

La National Carbon C° a entrepris une série d'études pour déterminer les meilleures méthodes de fabrication des grandes électrodes, et leur réunion ensemble, pour éviter les déchets. Les auteurs décrivent dans leur note les méthodes d'essai des électrodes expérimentales et les principaux résultats récemment obtenus.

La *densité réelle*, c'est-à-dire la densité de la substance dépourvue de pores, peut être considérée comme donnant des indications précieuses sur la composition de l'électrode; elle augmente à mesure que décroît la teneur en hydrogène. Cela renseigne sur le degré d'oxydation de l'électrode, car on sait que dans celle-ci ce sont les hydrocarbures riches en hydrogène qui s'oxydent les premiers.

La détermination se fait en pulvérisant l'échantillon assez finement pour que tous les pores soient détruits. Pour les électrodes ordinaires, les particules passant dans un tamis de 100 mailles par pouce linéaire, sont suffisamment fines. Le passage à un tamis de 200 mailles ne fait pas varier la seconde décimale du résultat obtenu. L'échantillon pesé est placé dans un flacon à densité avec de l'huile de kérosène, puis on fait le vide à 5 mm de mercure pour chasser les bulles d'air. Le flacon est ensuite rempli d'huile, amené à une température déterminée et pesé. La précision du résultat est de 0,5 pour 100.

La *densité apparente*, c'est-à-dire la densité du charbon tel qu'il est, avec ses pores, peut être considérée comme une caractéristique de sa structure mécanique. Elle peut être influencée par le procédé employé pour manufacturer l'électrode, et permet en outre une évaluation du degré de désintégration d'une électrode en service. Pour les grandes électrodes, on les pèsera entières et on calculera le volume d'après leurs dimensions.

La *résistance électrique* varie avec les densités apparente et réelle. Sa détermination sert moins à étudier les propriétés électriques de l'électrode, que comme terme de comparaison. Pour les grandes électrodes, on les fera parcourir dans leur entier par un courant et on mesurera la chute de potentiel sur une longueur déterminée. Les volts, ampères et longueur doivent être mesurés avec une précision de 1 pour 100, et les diamètres ou circonférences, à 0,5 pour 100. Dans ces conditions la puissance du courant d'essai est sans importance, pourvu qu'elle reste assez faible pour ne pas échauffer le charbon de façon appréciable. Il faut placer les prises de contact pour la mesure de potentiel assez loin des arrivées de courant pour que les surfaces équipotentielles dans cette région soient des plans normaux à l'axe de l'électrode. La résistance des contacts pour la mesure de potentiel peut être pratiquement éliminée en creusant dans le charbon de petits godets que l'on remplit de mercure, ou en appliquant les pinces de prise de courant avec une pression de 210 kg par cm², si le millivoltmètre employé présente une résistance de 1,07 ohm.

Essais de service. — Si utiles que soient les mesures du laboratoire, elles ne renseignent pas suffisamment sur l'usage pratique des électrodes. Un sérieux inconvénient des électrodes primitivement employées dans les fours électriques, était la facilité avec laquelle elles se brisaient en service. D'autre part, certaines électrodes fournissaient une durée beaucoup plus grande que certaines autres.

Il convient d'abord de remarquer la façon irrationnelle dont on exprime la consommation d'électrodes. Il serait bon que l'on indique un procédé utile au point de vue purement commercial en vue d'exprimer la consommation d'électrodes, on pourrait par exemple déterminer le nombre de kw-h passant dans le four par unité de poids d'électrode consommée.

Pour expérimenter la fabrication des électrodes, il est, en plus, nécessaire de les mettre en service dans un four électrique, pour étudier la façon dont elles se comportent en travail réel.

Enfin, pour réaliser le problème des électrodes réunies par un joint, tel un vissage, il ne suffira pas d'étudier au laboratoire la résistance électrique du joint ou de déterminer sa résistance mécanique ; il faudra placer dans un four l'électrode à joints et examiner comment elle supportera une série d'opérations réelles.

Les auteurs décrivent les essais auxquels ils se sont livrés dans un four à arc du type Siemens.

Le four étant chargé de fer et d'acier, on baissait l'électrode jusqu'à ce que l'arc jaillisse. Si l'on désirait simplement savoir si l'électrode était capable de supporter sans rupture un dur service, on portait la puissance du courant, qui était normalement de 150 kw, jusqu'à 200 ou 250 kw. En général, il est bon de ne pas faire supporter aux électrodes de densités de courant supérieures à 6,2 ampères par cm², mais parfois on est contraint d'en employer de plus élevées, et l'électrode doit pouvoir leur résister. Dans ces expériences, on alla jusqu'à 8 et 10 ampères par cm². Plusieurs fois, mais pendant des temps très courts, on atteignit presque 12 ampères : cm².

Pour les essais de consommation, on s'aperçut d'abord que, pour obtenir des résultats comparables, il était indispensable d'opérer dans des conditions toujours identiques. Avant de commencer une série de chauffes, l'électrode était soigneusement pesée. Le four était alors chargé de fonte et de copeaux d'acier, puis une fois le métal fondu, on le coulait. Au bout d'un certain nombre d'opérations, généralement 8, on retirait l'électrode que l'on pesait de nouveau. En divisant le nombre total de kilowatts-heures consommés par la perte de poids de l'électrode, on obtenait le nombre de kilowatts-heures par kilogramme d'électrode consommée.

Il résulte de nombreuses expériences que le meilleur joint est constitué par un cylindre de charbon fileté que l'on visse sur la moitié de sa longueur dans chacune des extrémités des électrodes à joindre qui sont taraudées à cet effet. Un filet légèrement arrondi est préférable à un filet à angle vif, ou tronqué, comme présentant moins de fragilité lors de l'assemblage. Une pâte spéciale est interposée pour assurer un bon contact électrique, mais elle ne forme pas obstacle au dévissage, si l'on désire changer une section.

Pour essayer la résistance de ces électrodes à joints à un dur service, la méthode suivie fut exactement la même que pour les électrodes ordinaires, au point de vue surcharges, mais en plus, on effectua une longue série de chauffes, de façon à pouvoir examiner la tenue du joint lui-même, quand il arrive au niveau du bain liquide.

La résistance du joint possède une importance considérable dans le cas d'électrodes à joints. La note décrit en détail la méthode suivie pour mesurer la résistance du joint.

Un grand nombre d'électrodes fabriquées par des procédés différents furent essayées dans le but de déterminer leur fragilité dans un service très dur, avec surcharges, variations brusques de température et on en a déduit des résultats intéressants, concernant les causes de rupture des électrodes.

Pour étudier l'influence des différents modes de fabrication sur la consommation de carbone dans des conditions définies d'usage, on fit un grand nombre d'électrodes, divisées en un certain nombre de séries. Chacun des nombreux facteurs de l'opération faisait, par ses variations, l'objet d'une série d'expériences, toutes les autres conditions étant, dans cette série, maintenues constantes. Les électrodes, une fois fabriquées, étaient essayées d'après la méthode normale du laboratoire, puis soumises aux essais pratiques Six séries d'électrodes furent ainsi essayées.

Au point de vue de la densité réelle, on ne nota pas de variations, toutes les électrodes donnant les mêmes résultats. Comme la fabrication avait eu lieu dans des conditions strictement déterminées, on n'avait pas de variations dues aux caractéristiques physiques, les résultats sont très satisfaisants, et permettent de conclure que les grandes variations observées par ailleurs dans la tenue des électrodes résultent simplement des différences de fabrication, et non de causes inconnues.

Des différences considérables furent observées dans les densités apparentes des électrodes essayées. Ces densités varient de 1,40 à 1,50. Le résultat le plus intéressant fut obtenu en déterminant les kw-h consommés par unité de poids d'électrode; on trouva des variations atteignant 100 pour 100. Ces chiffres montrent le grand intérêt qu'il y a à surveiller de très près la confection des électrodes. L'essai des électrodes à joints comprenait un très grand nombre de chauffes. L'électrode était constituée par 4 sections de 380 mm de long, vissées, formant un bloc cylindrique de 1,52 m de long et 0,255 m de diamètre. Sur un ensemble de 60 chauffes, la tenue des électrodes fut reconnue excellente. La résistance du joint décroit à mesure que l'électrode s'échauffe, le chauffage du joint paraît améliorer le contact entre les sections.

Dans la discussion qui suivit, M. Petinot fit remarquer que, dans les électrodes à joint, le courant passe de préférence par le joint fileté central, qui s'échauffe exagérément, tandis que la surface extérieure en reste relativement froide. Il recommande de faire le noyau fileté en graphite, en attendant que l'on sache réaliser des électrodes d'une seule pièce de 3, 4 ou 6 m de long.

M. Hansen dit que les longues électrodes sont satisfaisantes pour les fours fixes, mais non pour des fours oscillants. Il signale aussi qu'un facteur important de

la consommation des électrodes est l'oxydation par la scorie.

En réponse à une question du Dr Whitney (1), relative à l'addition de matières minérales aux électrodes, M. Hinckley observe que ces additions en augmentent la durée. La pâte employée pour le joint est à base de graphite.

M. Lidbury dit que le point le plus important à considérer relativement aux électrodes, est qu'elles doivent bien résister à un traitement raisonnable, mais comme le fait remarquer M. Fitz Gerald, il y a une différence entre ce que les consommateurs et les fabricants d'électrodes entendent par « traitement raisonnable ».

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 9 juin 1913.

Etude magnétique de la constitution de quelques alliages d'antimoine, par M. P. Leroux. — J'ai étudié, à l'aide de la balance magnétique de Curie et Cheneveau (2), les alliages plomb-antimoine et étain-antimoine.

Les mesures ont été faites sur de petits lingots de 28 mm de longueur et de 5 mm de diamètre, obtenus

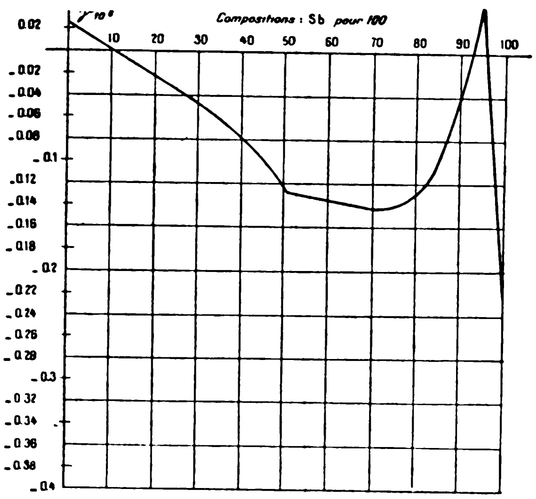


Fig. 1.

par fusion des alliages dans un moule en aluminium et grattés avec des morceaux de verre. Les valeurs relatives qui ont servi pour construire les courbes sont probablement exactes au centième.

La composition des alliages est connue par les masses des métaux fondus ensemble, mais elle a été vérifiée par l'analyse.

(1) *Revue d'électrochimie*, 1913 et 33e Meeting de l'*American Electrochemical Society à Atlantic-City*.

(2) *Œuvres de Pierre Curie*, p. 598. Pour la préparation de ces alliages, je me suis servi de produits commerciaux préparés spécialement par la maison Poulenc, de façon à être exempts de fer.

I. *Alliages étain-antimoine.* — On admet l'existence du composé Sb-Sn et de plusieurs solutions solides.

La courbe obtenue dans ce cas (fig. 1) présente un point anguleux pour Sb = 50, ce qui confirme l'existence du composé Sb-Sn et s'accorde bien avec le résultat des mesures des forces électromotrices de Pouchine (1), mais elle possède en outre un deuxième point anguleux pour Sb = 95, ce qui correspond peut-être à une solution solide limite (2).

II. *Alliages plomb-antimoine.* — On admet généralement l'existence d'un eutectique en se basant sur le diagramme de solidification et sur l'étude micrographi-

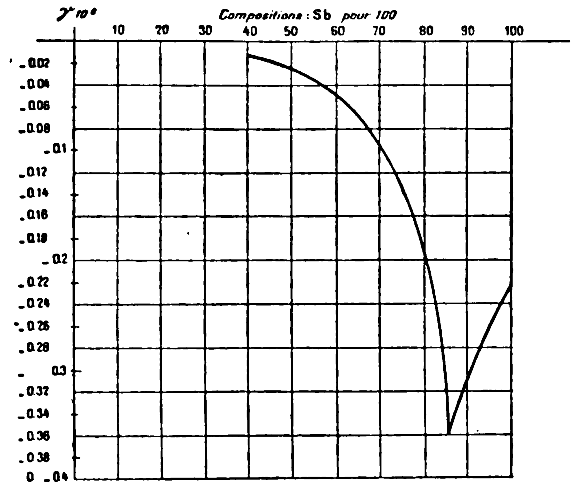


Fig. 2.

que ; cependant la courbe des forces électromotrices de dissolution (3) ne s'accorde pas avec ce fait ; elle reste horizontale et s'abaisse brusquement pour Sb $= \frac{85}{100}$, puis s'incurve. D'autre part la courbe des conductibilités électriques de Matthiesen (4) n'est pas rectiligne. S'il existait seulement un eutectique nous devions nous attendre à ce que la courbe représentant le coefficient spécifique d'aimantation en fonction de la composition se réduisît à une droite (5). Au contraire cette courbe (fig. 2) présente un maximum, puis un point anguleux pour les alliages voisins de $\frac{85}{100}$, ce qui concorde très bien avec le résultat trouvé par Pouchine.

Les alliages plomb-antimoine sont donc plus compliqués qu'on ne l'admet généralement. L'existence d'un composé à $\frac{85}{100}$ ou $\frac{86}{100}$ de Sb est probable.

(1) *Revue de Métallurgie*, t. IV, 2907, p. 955.

(2) Je signalerai en passant que j'ai retrouvé, pour l'antimoine pur, les anomalies déjà signalées par Curie (*Thèse*, p. 41) et que, de plus, j'ai constaté que l'état de division de l'antimoine semble influer sur son diamagnétisme.

(3) Pouchine, *Revue de Métallurgie*, t. IV, 1907, p. 955.

(4) *Pogg. Annalen*, t. CX, 1860, p. 210.

(5) C'est bien le résultat qu'on obtient, ainsi que je m'en suis assuré, pour les alliages Pb-Sn où l'existence d'un eutectique est certaine.

Séance du 16 juin 1913.

L'aimantation des cristaux et l'hypothèse du champ moléculaire, par M. PIERRE WEISS. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 23 juin 1913.

Sur un phénomène photo-électrique présenté par l'anhydride sulfureux liquéfié, par M. JACQUES CARVALLO. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur les oscillations à grande fréquence dans les arcs électriques très courts et sur les limiteurs de tension à intervalles multiples, par M. ANDRÉ LÉAUTÉ, transmise par M. Blondel. — J'ai étudié les oscillations du courant dans les arcs électriques très courts, avec l'intention d'appliquer ensuite les résultats aux limiteurs de tension à intervalles multiples, dans lesquels l'écartement des électrodes est généralement très faible. On sait que l'emploi de ces appareils est aujourd'hui extrêmement répandu.

Les oscillations de l'arc dans le cas de l'éclateur à intervalle unique et pour des longueurs presque toujours supérieures à 1 mm, ont donné lieu à un grand nombre de travaux antérieurs ([1]), en particulier de la part de M. Blondel ([2]), qui s'est servi de l'oscillographe pour déceler leur existence et leur forme. Mais cette méthode n'est, en général, pas applicable pour les arcs très courts, à cause de la trop grande fréquence des oscillations; en effet, dans ce cas, les électrodes doivent être métalliques, sans quoi leur usure trop rapide fait subir à la longeur d'arc des variations relatives trop fortes et, par suite, la fréquence est très élevée.

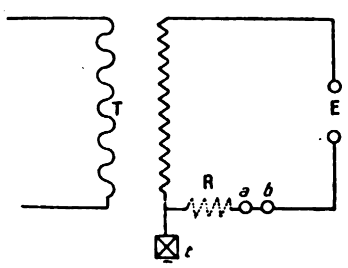


Fig. 1. — T, transformateur. — *a*, galvanomètre de l'oscillographe. — *b*, milliampèremètre thermique. — E, éclateur. — R, résistance liquide. — *t*, terre.

J'ai tourné la difficulté en faisant jouer à l'oscillographe un rôle en quelque sorte négatif et en utilisant le montage figuré ci-dessous.

Quand les oscillations sont très rapides, le galvanomètre *a* n'enregistre que le fondamental à basse fréquence, tandis que le thermique *b* est influencé par le courant total ; on en déduit donc par différence l'intensité efficace des oscillations.

Cette méthode m'a permis d'observer, dans certaines conditions d'expérience, des oscillations dont l'intensité efficace est extraordinairement grande par rapport à celle du fondamental. J'opérais à intensité fondamentale constante dans chaque série d'expériences, grâce à la forte chute de tension du transformateur et je faisais progressivement croître à partir de zéro l'écartement des électrodes ; on sait ([1]) qu'en procédant ainsi on constate, pour une certaine valeur de l'écartement, un maximum de l'intensité efficace totale, maximum que la méthode ci-dessus m'a permis d'attribuer à un changement brusque de régime du fondamental et pour lequel j'ai pu déterminer le rapport R entre l'intensité efficace des oscillations et celle du fondamental.

Valeurs du rapport R. — (Réseau à 110 volts, 42 périodes ; un pôle du secondaire de T à la terre ; les chiffres entre parenthèses indiquent la différence de potentiel aux bornes du secondaire.)

1° PAS DE RÉSISTANCE DANS LE CIRCUIT D'ALIMENTATION DE L'ARC.

INTENSITÉ EFFICACE DU FONDAMENTAL.	VALEURS DE R.			
	INTERVALLE UNIQUE 2 SPHÈRES DE 2 CM DE DIAMÈTRE.	INTERVALLE UNIQUE 2 CYLINDRES DE 2,5 × 3,5 CM.	INTERVALLE DOUBLE 3 CYLINDRES DE 2,5 × 3,5 CM.	INTERVALLE TRIPLE 4 CYLINDRES DE 2,5 × 3,5 CM.
ampère.	volts.	volts.	pas d'arc.	pas d'arc.
0,010	6	18		
0.040	5,8 (300)	5,5 (700)	5,3	8;2
0,080	2,5 (200)	3,5 (650)	4,9	6
0,120	2,4 (150)	2,3 (400)	3,8	4,3
0,140	2,1 (100)	2 (200)	3,6	4,2

2° RÉSISTANCE DE 3800 OHMS DANS LE CIRCUIT D'ALIMENTATION DE L'ARC.

(Les oscillations sont mesurées entre la résistance et l'éclateur.)

Intensité efficace du fondamental en ampère.	Valeur de *R* Intervalle multiple 10 cylindres de 2,5 × 3,5 cm en volts.
0,080	2,7 (2800)
0,120	2 (2950)

3° RÉSISTANCE DE 15000 OHMS DANS LE CIRCUIT D'ALIMENTATION.

(Les oscillations mesurées comme ci-dessus).

Intensité efficace du fondamental en ampère.	Intervalle unique 2 cylindres de 2,5 × 3,5 cm en volts.
0,010	1,15 (320)
0,040	1,14 (900)

Il resterait à expliquer le mécanisme exact de ces expériences ; mais, dès à présent, on peut en tirer une conclusion intéressante pour les limiteurs de tension. Elles montrent que les fusibles qu'on place souvent en série avec ces appareils sont exposés à être parcourus par des oscillations ayant une grande fréquence et un rapport R élevé. Or j'ai montré antérieurement ([1]) que

([1]) Cf. : El. Thomson, 1892; N. Tesla, 1895; Fessenden, 1899; Duddell, 1903; Janet, 1902; Tissot, 1901; Banti, 1902; Barkhausen, etc.

([2]) ANDRÉ BLONDEL, *Eclairage électrique*, 15 et 22 juillet 1905.

([1]) ANDRÉ LÉAUTÉ, *Comptes rendus*, 1909. — Cf. aussi DUDDELL, *Phil. Mag.*, 1008. M. G. Claude a récemment (*S. I. E.*, 1913) signalé un fait analogue sur tube à néon.

([2]) Cf. ANDRÉ LÉAUTÉ, *Comptes rendus*, 15 novembre 1909; la *Lumière électrique*, 8 octobre 1910.

les surintensités de haute fréquence produisent des effets destructifs extrêmement violents ; on comprend donc la cause des explosions fréquentes et jusqu'ici inexpliquées de fusibles de limiteurs. Il ressort de cette étude que les fusibles sont actuellement mal placés et que, pour éviter

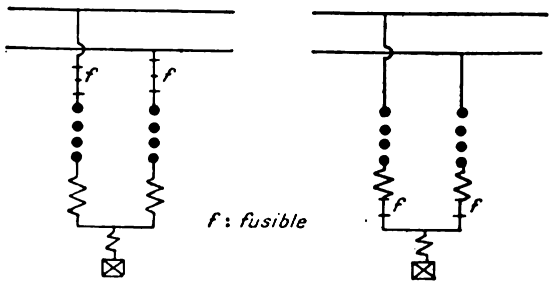


Fig. 2.

leurs fusions intempestives qui non seulement diminuent l'efficacité de la protection, mais encore sont quelquefois l'origine d'accidents graves, il faudrait les brancher entre les résistances et la terre. Ils seront là, et là seulement, à l'abri des oscillations.

Sur la dissociation électrolytique d'un sel, régie par la loi des masses, par MM. P.-Th. Muller et R. Romain. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 30 juin 1913.

Sur une nouvelle étude de l'effet Volta, faite à l'aide de la radioactivité induite, par MM. Ed. Sarasin et Th. Tommasina. — Nous avons déjà communiqué plusieurs résultats des recherches que nous poursuivons depuis quelques années sur toute une série de phénomènes qui sont liés par leur origine ou par leurs modifications à celui de la radioactivité induite (1). Nous ne nous arrêterons pas à décrire les différents appareils et dispositifs et n'indiquerons ici que les changements essentiels qui nous ont fourni les faits nouveaux que nous avons l'honneur de signaler à l'Académie.

Dans l'électromètre connu d'Elster et Geitel, la capacité cylindrique creuse, en métal noirci, a été remplacée par une simple tige métallique. Une série de tiges de différente longueur et de divers métaux pouvant se remplacer sur l'électromètre étaient à notre disposition, ainsi que quatre grandes cloches cylindriques, deux en laiton, une en zinc et une en aluminium, de mêmes dimensions (18 cm de diamètre pour 36 cm de hauteur) et de même épaisseur, pouvant se substituer l'une à l'autre sur le plateau de l'appareil de mesure. Quant aux écrans-grilles que nous avions déjà utilisés dans nos précédentes expériences, ils ont subi les modifications successives suivantes : écrans cylindriques en toile métallique à mailles depuis 25 mm à 2 cm, en fer zingué, en laiton et en cuivre ; les mêmes, mais fermés en haut, donc des cloches-grilles ; enfin des écrans-cloches troués, cylindriques fermés en haut, tous de mêmes dimensions (12 cm *d*, 18 cm *h*) et de même épaisseur, avec le même nombre de trous circulaires de même diamètre, faits à l'emporte-pièce avec bavures soigneusement limées, en aluminium, en zinc et en cuivre. Ces perfectionnements successifs apportés aux appareils dans le but d'éviter toute cause d'erreur attribuable à ce qui n'était pas exclusivement la différence du métal, n'ont fait que confirmer les premières constatations, de façon que nous pouvons désormais les présenter comme absolument sûres.

Pour étudier d'autres métaux, au lieu d'en faire de nouvelles cloches, nous avons simplement doublé l'intérieur d'une cloche à l'aide de grandes feuilles mobiles remplaçables facilement, ce qui nous a permis de constater que l'effet Volta se manifeste sur l'appareil de mesure même, par l'intervention de l'écran-grille qui doit être conducteur et relié au sol, ainsi que la cloche constituant l'enceinte close.

(1) *Comptes rendus*, 28 novembre 1904, 19 août 1907, 2 septembre 1907, 9 juin 1908 et 20 février 1911.

Voici maintenant les faits nouveaux que nous venons de constater :

1. Quand l'écran cloche-grille, écran troué, séparant complètement le champ de l'électroscope de celui de la de la cloche-enceinte radioactivée, est du même métal que la paroi interne de cette dernière et l'état des surfaces absolument identique, la vitesse de la décharge, due à l'ionisation produite par le rayonnement de radioactivité induite, a la même valeur quel que soit le signe de la charge de l'électroscope. On a une seule courbe de désactivation si l'on alterne le changement de signe des charges successives. Il faut faire deux, ou mieux trois charges de même signe alternativement, parce que la première donne toujours des résultats irréguliers dus à l'intervention du résidu de la charge précédente de signe opposé.

2. Quand l'écran cloche-grille n'est pas du même métal que la paroi interne de la cloche-enceinte radioactivée, en procédant comme ci-dessus on a toujours deux courbes, c'est-à-dire que la valeur de la vitesse de la décharge change suivant le signe de la charge qu'on donne à l'électroscope.

a. Si le métal de la paroi interne de la cloche-enceinte activée est du cuivre ou du laiton et celui de l'écran cloche-grille du zinc ou de l'aluminium, la vitesse de la décharge des charges positives de l'électroscope augmente de valeur et celle de la décharge des charges négatives diminue.

b. Si le métal de la paroi interne de la cloche-enceinte activée est du zinc ou de l'aluminium et celui de l'écran cloche-grille du cuivre ou du laiton, c'est, au contraire, la vitesse de la décharge des charges négatives de l'électroscope qui augmente et celle de la décharge des charges positives qui diminue.

Si l'on considère ces résultats à côté des anciennes séries électrospécifiques de Volta, de Seebeck et de Péclet, dans lesquelles, comme on sait, le zinc se trouve à l'extrémité électropositive suivi par Pb, Sn et Cd, qui sont tous des métaux à surface rapidement oxydable, tandis que le cuivre se trouve à l'autre extrémité, celle électronégative, suivi par Pt, Ag et Au, qui sont très lentement oxydables dans les mêmes conditions, on est porté à donner, au sujet de l'explication de l'*effet Volta*,

une importance très grande sinon exclusive à cette modification de la couche conductrice superficielle en une couche diélectrique. Nous avons un fait à l'appui d'une telle conclusion, qui est notre ancienne constatation [1] que l'effet *b*, indiqué ci-dessus, a toujours lieu lorsqu'on radioactive un métal recouvert d'une couche de substance isolante et qu'il est d'autant plus marqué que la couche est plus épaisse.

La série électrospécifique d'Auerbach place l'Al avant le Zn; ce fait est confirmé par les résultats de nos recherches actuelles. Or l'aluminium est un métal dont la couche d'oxyde est plus isolante que celle des autres métaux, et elle se reforme immédiatement dès qu'on l'enlève.

Dans nos expériences il faut un écran pour qu'il y ait dédoublement de la courbe de désactivation; cela semble démontrer que la vitesse de déplacement des ions, et probablement aussi des électrons, joue un rôle dans le phénomène que nous avons étudié. Il faut donc que la couche superficielle modifie les vitesses et par son absorption aussi la quantité des ions et des électrons émis. Nous pensons que cette modification intervient également, autant lorsqu'un métal se trouve immergé dans un liquide, dans un gaz ou dans l'air ordinaire, ionisés par une action quelconque, que lorsqu'un champ électrostatique se produit par la simple mise en contact instantané de deux métaux isolés, comme par exemple, le zinc et le cuivre. Notre hypothèse explique pourquoi deux métaux qui se trouvent aux extrémités opposées de la série de Volta produisent un effet plus sensible que celui d'un quelconque des couples intermédiaires.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Utilisation des gaz des hauts fourneaux. — L'ingénieur H. Thaler étudie cette question en prenant l'exemple d'une petite installation de hauts-fourneaux comprenant deux fourneaux de 100 tonnes, et pouvant fournir à l'heure 12500 m³ cubes de gaz, utilisables à la production d'énergie électrique (toutes déductions faites). Deux façons de procéder peuvent être employées: l'utilisation des gaz à la production de vapeur ou l'utilisation directe dans des machines à gaz.

On peut admettre le chiffre de consommation moyen de 8 kg de vapeur à 12 kg:cm² de pression par kilowatt-heure produit par une turbine à vapeur. D'autre part 1 mètre cube de gaz permet la production de 0,8 kg de vapeur; l'énergie disponible dans le cas de l'installation à vapeur est alors de 1250 kilowatts-heure, permettant une production annuelle de 10 millions de kw-h.

Le chiffre de la puissance disponible passe à 3375 kilowatts, permettant une production annuelle de 29 millions de kw-h lorsqu'on utilise le gaz dans des moteurs à gaz.

Dans tous les cas on peut admettre le rapport de 2 à 1 pour les puissances disponibles dans l'utilisation directe ou l'utilisation du gaz à la production de vapeur. La turbine à vapeur offre par contre une sécurité de marche bien supérieure à celle du moteur à gaz; elle possède un encombrement plus faible, demande moins d'entretien et consomme moins d'huile. Elle possède en outre une grande faculté de surcharge et ne nécessite pas d'installation d'air comprimé pour le démarrage comme c'est le cas pour le moteur à gaz.

L'auteur établit un calcul de rentabilité des deux genres d'installation et conclut en faveur du moteur à gaz. (*Oester. Z. f. Berge u. Hüttenwerk*, 8 février 1913.) M. A.

Transport d'énergie de Trollhättan à Copenhague. — La consommation annuelle d'énergie prévue pour la ville de Copenhague est de 75 millions de kw-h correspondant à une puissance moyenne de 35000 kilowatts. Les dépenses annuelles fixes par kilowatt dans une nouvelle station centrale à vapeur dont la construction est envisagée s'élèveraient à 23,25 fr et les dépenses variables à 2 centimes par kilowatt-heure. Celle-ci qui sont actuellement de 5 centimes par kilowatt-heure avec la station centrale existante, pourraient être abaissées à 3,6 centimes en n'utilisant plus cette station que comme réserve en parallèle sur un réseau d'alimentation de Trollhättan à Copenhague.

La ligne de transport d'énergie projetée aurait une longueur de 320 kilomètres et servirait au début à transporter 15000 kw sous forme de courant triphasé à 100000 volts. La ligne serait simple à trois fils de 80 mm de section. La tension serait abaissée à 20000 volts à Helsingborg d'où partiraient quatre câbles sous-marins vers Copenhague. Le prix des générateurs de courant, de la ligne de transport d'énergie et des convertisseurs de fréquence (25 à 50) est évalué à environ 7440000 fr d'où résulte une dépense fixe annuelle de 760060 fr. Par contre le prix d'installation s'abaisse à 5580000 fr en adoptant le courant continu à haute tension système Thury à 90000 volts; le coût de la ligne proprement dite s'abaisse dans ces conditions à 1 million 580000 fr contre 3 millions 255000 francs pour la ligne en courant triphasé. Si l'installation ne devait pas comporter de convertisseur de fréquence les dépenses totales dans le cas du courant triphasé seraient de 6 millions 610000 fr et de 6 millions 500000 fr avec le courant continu, l'énergie transportée dans les deux cas étant de 11600 kilowatts. La combinaison consistant dans la production de courant triphasé transporté sous forme de courant continu est la plus coûteuse (7250000 fr). Les dépenses annuelles fixes par kilowatt sont de 58 fr en courant triphasé, de 46,50 fr ou 48,40 fr en courant continu suivant qu'on emploie des poteaux en fer ou en bois. L'auteur conclut en faveur du courant continu à 90000 volts et d'une ligne supportée par des poteaux en bois. (*El. World.*, 8 février 1912.) M. A.

Laminoirs à commande électrique en Angleterre et sur le continent. — D'après une statistique de l'*Électrician*, le nombre des laminoirs à commande électrique, actuellement installés en Angleterre, est de 170, d'une puissance totale de 100000 chevaux. La plus grande installation est celle de la Skinnigrove Iron C°, avec un train réversible de 8000 chevaux, système Ilgner, à moteur directement accouplé. La majorité des installations est équipée en courant triphasé de 400 à 5000 v, 25 à 50 périodes. Les transmissions par courroie ou par câbles l'emportent comme nombre sur les accouplements directs, tandis que l'on préfère souvent sur le continent le courant continu et la commande directe. M. A.

Commande de treuils d'extraction à courant triphasé

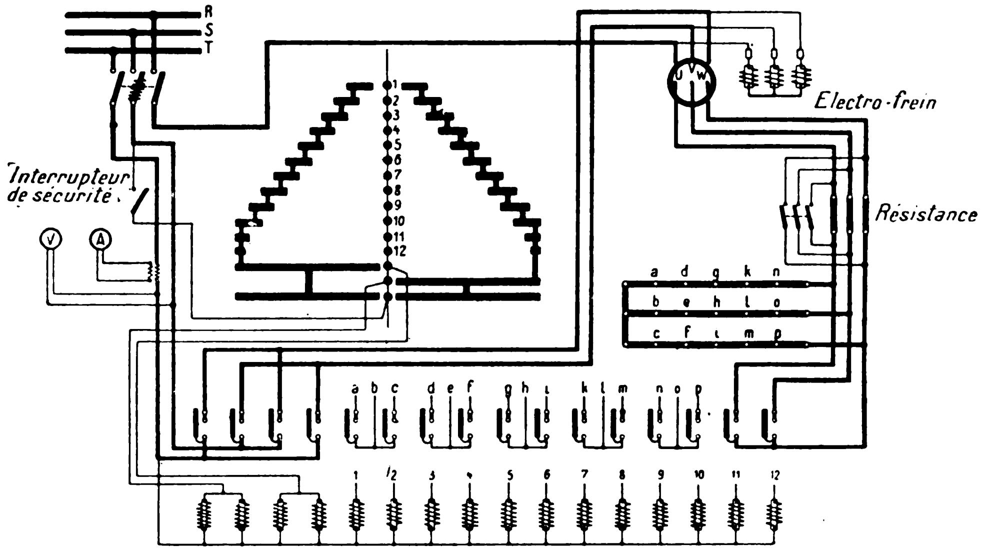
[1] *Comptes rendus du premier Congrès international pour l'étude de la Radiographie et de l'Ionisation à Liège*, 12-14 septembre 1905, p. 25-36.

par contacteurs. — Les machines et treuils d'extraction électriques trouvent un développement rapide, grâce à leur adaptation très facile aux conditions des exploitations minières. On emploie le moteur asynchrone triphasé ou le moteur triphasé à collecteur dans les installations de faible ou moyenne puissance; son avantage est d'être simple et peu coûteux. Les grandes installations préfèrent le système Léonard, dont la sécurité est parfaite et la manœuvre facile par suite de la faible intensité des courants sur lesquels porte le réglage ou la commutation.

Les machines de faible puissance ne peuvent pas cependant être équipées économiquement d'après ce système. La commande directe par combinateur en usage anciennement est peu commode par suite des accidents occasionnés par l'usure des contacts glissants. L'usine F. Klöckner, de Cologne, propose un nouveau genre de commande électrique des treuils d'extraction, reposant sur l'application d'une série de contacteurs à la mise en court-circuit des résistances. Ce genre de commande présente de sérieux avantages.

Le fonctionnement du système ressort de la figure ci-dessous. Les courants de faible intensité qui servent à l'excitation des bobines de contacteurs sont seuls commutés par les contacts. Les segments et les contacts de l'appareil peuvent par suite être choisis très petits, d'où facilité de manœuvre beaucoup plus grande que pour la commande directe. Les courants d'induit sont interrompus ou rétablis par les contacteurs qui possèdent l'avantage de présenter au lieu de contacts glissants des surfaces venant rapidement en présence par l'abatage d'un levier. L'intervalle de temps pendant lequel se produit l'étincelle et par suite l'usure de la matière sont réduits au minimum.

Les deux contacteurs de fermeture du stator tombent sur



Commande d'un moteur triphasé par contacteurs.

la première touche du combinateur auxiliaire et le moteur démarre avec toutes les résistances en circuit dans le sens de rotation qui correspond à celui de la manette du combinateur. Les résistances sont ensuite mises en court-circuit successivement jusqu'au court-circuit complet du rotor par la chute des contacteurs. La mise hors-circuit d'un degré de résistance exige la chute de deux contacteurs; le démarrage obtenu est ainsi très doux.

Le schéma de montage est très simple. Il suffit d'amener deux des conducteurs de stator au démarreur, d'établir les connexions avec les résistances et celles reliant le démarreur au contrôleur auxiliaire. Toutes les autres connexions existent à l'intérieur de l'appareil et sont faciles à suivre.

Tous les dispositifs usuels de sécurité rencontrés ordinairement dans les commandes pour combinateurs sont faciles à adapter. L'interrupteur de sécurité se place commodément en série avec le combinateur auxiliaire; un interrupteur unipolaire est suffisant par suite de la faible intensité des courants. Le fonctionnement de cet interrupteur est très sûr, grâce à la participation continuelle au dispositif d'un organe indispensable de manœuvre, forcément en bon état. L'interrupteur de sécurité est actionné comme à l'ordinaire : 1° par l'indicateur de profondeur; 2° par l'électro-frein en cas de manque de tension du réseau; 3° par le déclenchement d'un contre-poids à la volonté du machiniste.

L'inversion du sens de marche n'exige pas de commutateur spécial; elle est assurée sans difficulté par deux contacteurs. Lorsque l'appareil doit être placé au fond, les contacteurs sont disposés dans l'huile.

Une résistance spéciale, mise en court-circuit en marche normale, permet les voyages à très faible vitesse pour les visites du puits sans que le machiniste puisse dépasser la vitesse correspondant à cette résistance.

Les contacteurs sont du type le plus répandu à bobine, levier coudé, bobine de soufflage et pare-étincelles. Chacun d'eux peut assurer 400 000 coupures sans nécessiter de réparations.

Tous les contacteurs sont fixés côte à côte sur un chassis en acier et enfermés dans une caisse. Les connexions entre eux sont établies à l'atelier.

Le dernier modèle de ces appareils prévoit un graissage automatique des contacts qui réduit leur usure. Le graissage des parties mobiles et en particulier de l'articulation est obtenu en plaçant la partie inférieure des contacteurs dans l'huile, ce qui leur assure en outre un fonctionnement doux et silencieux. Une pompe à huile, commandée par électros, envoie une faible quantité d'huile dans une rigole disposée en arrière des contacteurs à chaque fonctionnement du système. L'huile est ensuite conduite en avant très lentement par un dispositif convenable jusqu'aux surfaces de contact. Le pare-étincelle reste toujours sans graissage afin d'éviter la fumée qui résulterait de la combustion de l'huile. Le chassis porte en outre un contacteur de réserve complet pour le stator et un ou plusieurs pour le rotor. Il suffit de les connecter en cas d'accident à un des contacteurs en service.

Le nombre de degrés de résistances pour une puissance donnée n'est pas déterminé d'une façon fixe comme pour les combinateurs des commandes directes, mais peut être aug-

menté ou diminué à volonté suivant les conditions locales, même lorsque l'installation est en service. (*Glückauf*, n° 7, 1913.) M. A.

Système de verrouillage pour machines d'extraction. — Une grande partie des accidents qui surviennent dans les mines proviennent de signaux transmis trop tôt au machiniste de la machine d'extraction, qui met en marche avant que le personnel ait achevé le mouvement d'entrée ou de sortie dans la benne. Divers genres de signaux ont été essayés sans grand succès. Les usines Siemens et Halske emploient un dispositif électrique analogue à celui des ascenseurs, reposant sur l'emploi de contacts de portes, montés en série avec l'électro-frein de manœuvre, qui rendent impossible la mise en marche tant que toutes les portes ne sont pas fermées. Ce système appliqué dans quelques puits du district de Westphalie et des pays rhénans donne satisfaction. Les contacts de portes ne sont utilisés que pour les voyages accompagnés et mis en court-circuit par des interrupteurs bipolaires pendant la période d'extraction normale. Un groupe de lampes et un tableau annonciateur avec inscriptions servent à prévenir le machiniste. (*Glückauf*, 12 avril 1912.) M. A.

MESURES

Simplification pratique de la méthode balistique pour les mesures magnétiques (Communication à la Société Electrotechnique Italienne.) — M. A. Barbagelata rappelle les difficultés que l'on rencontre dans les mesures magnétiques selon la méthode balistique à cause de la lenteur avec laquelle s'accomplit l'inversion du flux.

Les quantomètres ou les fluxmètres donneraient une solution complète du problème, mais il est difficile d'obtenir à la fois avec de tels appareils, la sensibilité et la proportionnalité nécessaires. On peut s'en passer, en opposant, dans le circuit du fluxmètre, le courant induit par la variation du flux au courant de décharge d'un condensateur connecté aux bornes d'une résistance réglable insérée dans le circuit magnétisant. Il est cependant nécessaire de ralentir la décharge à l'aide d'une résistance réglable en série avec le condensateur.

En réglant les deux résistances à la fois on obtient facilement que l'aiguille du fluxmètre demeure à peu près immobile pendant l'inversion du courant. Il suffit alors de mesurer la différence du potentiel V aux bornes du condensateur, et en choisissant des valeurs convenables pour les résistances du circuit l'on obtient tout simplement.

$$\Delta\Phi = 1000\ V.$$

Note sur une méthode de zéro pour les mesures magnétiques. — M. Guastala étudie analytiquement la modification de la méthode balistique proposée à M. l'Ingénieur Barbagelata.

Il parvient à établir la formule de la déflection de l'aiguille du fluxmètre et il étudie la sensibilité de la méthode en question.

Détermination de la vitesse du vent par des mesures électriques. — Différents inventeurs anglais ont étudié cette question et l'ont amenée à un certain degré de perfection. Le principe de la méthode repose sur le fait qu'un fil métallique fin placé dans un courant d'air se refroidit suivant une loi fonction de la vitesse du courant d'air. Le carré de la puissance absorbée par le fil, lorsque la température demeure constante, est proportionnel à la vitesse du courant d'air. Les valeurs obtenues par cette méthode sont des valeurs de la vitesse moyenne pendant un intervalle de temps variable, tandis que les méthodes usuelles fournissent des indications sur les valeurs instantanées. La nouvelle méthode est supérieure aux anciennes à ce point de vue, car les valeurs instantanées obtenues sont souvent très difficiles à utiliser pour l'obtention d'une moyenne.

Les mesures électriques peuvent être effectuées de différentes manières. On peut déduire la puissance électrique absorbée à température constante par le fil placé dans le courant d'air, de la lecture d'un ampèremètre, lorsque l'expérience a lieu à tension constante. La difficulté réside dans la faiblesse des variations de la puissance avec la vitesse lorsque les valeurs de celle-ci sont assez grandes. On emploie alors plusieurs ampèremètres, très sensibles, de sensibilité et d'échelles différentes. La proportionnalité fournie par les mesures faites au pont de Wheatstone est plus rigoureuse. Bien que délicat d'emploi, et limité provisoirement au laboratoire, ce procédé semble devoir donner par la suite des résultats pratiques intéressants. (*Engineering*, 27 décembre 1912.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN
42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

16 346/428 211. — **Société Rodrigues, Gauthier et Cie.** — *Perfectionnements aux prises de courant* (12 août 1912).

16 345/441 588. — **Gonnet.** — *Four électrique à électrodes* (10 août 1912).

447 525. — **Société dite The Z Electric Lamp Mfg. C° Ltd.** — *Perfectionnements à la fabrication des fils pour lampes électriques à incandescence* (9 août 1912).

447 426. — **Morsaint.** — *Procédé de fabrication des filaments pour lampes à incandescence électrique* (21 août 1912).

447 489. — **Société anonyme Montbarbon.** — *Perfectionnements apportés aux machines électriques à induction, etc.* (15 mai 1912).

447 690. — **Société The Lancashire Dynamo et Motor C° Ltd et Wood.** — *Appareil pour actionner et contrôler électriquement les raboteuses et autres machines à mouvement alternatif du même genre* (28 août 1912).

447 691. — **Société The Lancashire Dynamo et Motor C° Ltd et Wood.** — *Appareil pour actionner et contrôler électriquement les raboteuses et autres machines à mouvement alternatif du même genre* (28 août 1912).

447 726. — **Compagnie internationale des Accumulateurs Vedeka.** — *Perfectionnements aux accumulateurs* (29 août 1912).

447 695. — **Société dite Le matériel téléphonique.** — *Appareil de contrôle* (28 août 1912).

16 394/446 996. — **Société Vedoveli, Priestley et Cie.** — *Dispositifs de sécurité complète pour canalisations électriques* (24 août 1912).

16 369/444 356. — **Compagnie générale radiotélégraphique.** — *Dispositif pour produire des oscillations électriques de haute fréquence* (5 novembre 1911).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

75742. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 521. 10 Septembre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Production de l'aluminium. — Transport d'énergie à 150 000 volts de Big-Creek à Los Angeles. — Les installations électriques à courant intense en Allemagne et leur sécurité. — L'électricité et la mise en culture des tourbières. — Téléphonie sans fil. — Curieux phénomène d'ionisation. 391

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Lezan. Ners. Oued-el-Aleng. Pont-Scorff. Pont-sur-Sambre. Privas. Redon. Samognet. Saint-Laurent-de-Chamousset. Saint-Nicolas 394

LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DANS PARIS. **A. R** 395

SUR L'EMPLOI DES TURBINES A VAPEUR D'ÉCHAPPEMENT ACCOUPLÉES A DES MOTEURS SYNCHRONES OU ASYNCHRONES. **M. A.** 396

L'ÉLECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER PAR LE SYSTÈME A COURANT CONTINU A 2400 VOLTS. **Hobart**. 398

DÉSHYDRATATION ET PURIFICATION DES HUILES. **H. Marchand**. . . . 405

L'EMPLOI DES FREINS ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR RAILS EN AUTRICHE. **Henry**. 406

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du 30 juin 1913* : Sur les champs magnétiques obtenus avec un électro-aimant muni de pièces polaires en ferro-cobalt, par **Pierre Weiss**. — Sur la thermo-électricité des aciers, par **W. Broniewski**. 408

Séance du 7 juillet 1913 : Electrisation par les rayons X, par **C. Bedreag**. — Sur le magnétisme général du Soleil, par **M. Birkeland**. 409

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations* : Commande électrique de navires. Pont roulant électrique avec groupe Léonard. Pompe centrifuge de grande puissance. La commande électrique des cisailles à tôle. — *Moteurs électriques* : Utilisation de machines synchrones. Compensation du déphasage des moteurs d'induction. Moteur à courant alternatif simple à collecteur. Comparaison entre le moteur shunt et le moteur d'induction. — *Stations centrales* : Dépenses des usines à gaz et des stations centrales. 411

BREVETS D'INVENTION. 414

INFORMATIONS

Production de l'aluminium. — Dans une étude sur l'état actuel des forces motrices hydraulico-électriques, M. Pinot donne les renseignements suivants :

La production de l'aluminium s'est accrue pendant ces 25 dernières années, dans la proportion de 1 à 3000, passant de 15 tonnes en 1885 à 44 200 tonnes en 1910. Le prix du métal a suivi une progression inverse ; alors qu'il était de 1250 francs en 1855, de 125 francs en 1860, il a passé de 1886 à nos jours de 78 francs à 2 francs.

Jusqu'en 1896, c'est la Suisse qui est restée à la tête des pays producteurs d'aluminium. Elle s'est laissé distancer depuis lors et actuellement le classement des pays producteurs par ordre d'importance décroissante, est le suivant :

États-Unis	18 000 tonnes.
France	10 000 —
Suisse, Allemagne et Autriche-Hongrie . . .	8 000 —
Angleterre	5 000 —
Italie	800 —
Norwège	900 —

On voit donc que notre pays est en excellente posture. Sa situation est encore meilleure, quand on compare pour chaque pays les importations et les exportations.

Pays.	Exportation en tonnes.	Importation en tonnes.
Allemagne	770	10 450
France	4180	»
Suisse	3162	»
États-Unis	»	3 175
Angleterre	1500	»

La France se trouve donc à la tête du marché européen.

Les usines de la Suisse, de l'Allemagne et de l'Autriche sont groupées sous la direction de l'« Aluminium Industrie Aktiengesellschaft », dont le siège est à Bâle.

Les usines françaises ont conclu une entente de longue durée, elles pourraient produire 19 000 tonnes par an. Actuellement, pour utiliser l'excès de puissance dont elles disposent, ces usines se livrent à d'autres fabrications, par exemple celle des alliages ou du carborandum.

L'industrie française de l'aluminium, d'après le rapport

annuel de la chambre de commerce de Lyon, disposait de 10 usines d'une puissance de 140 000 chevaux qui sont :

USINES.	PROPRIÉTAIRES.	PUISSANCE EN CHEVAUX.	CAPACITÉ DE PRODUCTION EN TONNES.
La Praz (Savoie)	Soc. électro-métal. française	15 000	9000
La Saussaz (Savoie)	—	15 000	
Largentière (Hautes-Alpes)	—	24 000	
Calypso (Savoie)	Cie des Produits chimiques d'Alais	20 000	6000
Saint-Félix-de-Maurienne (Savoie)	—	4 000	
Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie)	—	26 000	
Prémont (à Saint-Michel-de-Maurienne)	Société d'électrochimie.	10 000	1000
Chedde (Haute-Savoie)	Soc. des forces motrices de l'Arve	26 000	3000
Auzat (Ariège)	Soc. des Produits électro-chimiques et métal. des Pyrénées		
Arreau (Hautes-Pyrénées)	Soc. d'aluminium du S.-O.		

Il est à noter que la France du S.-E. possède en Provence les plus beaux gisements de bauxite du monde (la bauxite est le minerai de l'aluminium). La production de la bauxite a été en 1910 de 271 000 tonnes; dans ce total la France figure pour 128 000 tonnes et les États-Unis pour 129 000.

En résumé, en totalisant la puissance et la capacité de production de toutes les usines du monde, on constate qu'en 1910, la puissance totale des usines fabriquant de l'aluminium était de plus de 320 000 chevaux, avec une capacité de fabrication annuelle qui dépasse 50 000 tonnes; la consommation mondiale est toujours restée inférieure à ce chiffre, ce qui explique que nombre d'usines aient recherché dans d'autres fabrications un complément à leur activité.

Les principales usines étrangères sont les suivantes :

PAYS.	USINES.	PROPRIÉTAIRE.	PUISSANCE EN CHEVAUX.	CAPACITÉ EN TONNES.
Suisse	Neuhausen	Al. Industrie Aktiengesellschaft	7 000	1 000
—	Chippis	—	20 000	5 000
Allemagne	Rheinfelden	—	5 000	600
Autriche	Lend Gastein	—	5 000	800
Angleterre	Foyers (Ecosse)	British Al. Ce	14 000	1 800
—	Dolgarrog (Galles)	Al. Corporation ld.	7 000	2 000
Norwège	Stangfjord	British Al. Ce	7 000	100
—	Vigeland	Anglo-Norvegian Al. Ce	14 000	2 000
Italie	Popoli	Soc. italienne d'Al.	»	1 200
—	Pescara	Soc. pour la fabric. de l'Al.	4 000	»
États-Unis	Niagarafalls	—	15 000	15 000
—	Schawinegantalls	—	20 000	
—	Massena	—	40 000	
Canada	Québec	Al. Ce of America	20 000	

F. L.

Transport d'énergie à 150 000 v de Big-Creek à Los Angeles. (*La Houille blanche*, du 25 juillet.) — La Pacific Light and Power Ce qui possède déjà, sur la côte du Pacifique, six usines hydraulico-électriques, et trois usines à vapeur, ayant une puissance totale de 70 000 kw, procède actuellement à l'aménagement de Big-Creek, en y installant 2 usines, qui, une fois complètement terminées, auront ensemble une puissance de 120 000 kw.

Trois barrages, dont l'un est de 50 m et deux de 30 m de hauteur, permettront de créer un réservoir de plus de 120 millions de m³. Un tunnel de 1200 m de longueur, suivi d'une conduite à faible pression de 2 km, puis d'une conduite forcée de 650 m de longueur, amèneront l'eau à la première usine.

A la suite de celle-ci on construira un nouveau barrage de 20 m de hauteur, formant un petit réservoir régulateur, d'où partira un nouveau tunnel de 6,5 km de longueur, qui sera continué par une conduite forcée de 580 m de long, aboutissant à la seconde usine.

Chaque usine recevra quatre groupes électrogènes constitués chacun par deux roues à impulsion actionnant un alternateur triphasé de 15 000 kw, sous 6600 v.

La tension sera ensuite élevée à 150 000 v et le courant envoyé jusqu'à Los Angeles qui est distant de 450 km.

La sécheresse de l'air dans cette région, est telle qu'on compte porter plus tard la tension à 200 000 v. F. L.

Les installations électriques à courant intense en Allemagne et leur sécurité. (*Elektrotechnische Zeitschrift* des 8, 15 et 22 mai.) — Dans une série d'articles très documentés, M. Dettmar, le secrétaire général de la Société des Électriciens allemands, étudie la sécurité de l'emploi de l'électricité et arrive à la conclusion que le nombre des accidents et des incendies diminue en employant l'électricité. Dans les fabriques, le nombre des accidents est réduit par suite de la suppression des courroies.

Il termine en montrant que :

Le nombre des accidents et des incendies qui ont été évités en employant l'électricité est beaucoup plus considérable que le nombre des accidents et incendies qu'elle a causés.

Dans le courant de cette étude, M. Dettmar donne les tableaux suivants, qui montrent le développement considérable de l'emploi de l'électricité en Allemagne.

Année.	Nombre des stations centrales.	Puissance en kw.
1891	30	8 000
1900	600	250 000
1911	2700	1 500 000

Nombre des localités desservies :

1891	35
1900	800
1911	10 500

En 1900, il y avait 60 000 compteurs et en 1911, un million.

Le nombre des installations isolées est très grand; leur puissance était approximativement :

en 1891	54 000 kw
1906	3 400 000 —
1911	6 700 000 —

Le rapport de la puissance des installations isolées à celles des stations centrales a été un peu en diminuant :

En 1891, la puissance des installations isolées était 6,8 fois supérieure à celle des stations centrales; en 1906, 5,6 fois supérieure; et en 1911, 5,1 fois supérieure.

Lorsque pour la première fois, en 1906, la proportion a été indiquée, elle a causé un grand étonnement; cependant à cette époque, la statistique autrichienne indiquait des résultats analogues, les installations isolées avaient une puissance 5 fois plus considérable que les stations centrales.

La puissance totale des installations électriques était en millions de kw de :

Année.	Centrales.	Installations isolées.	Puissance totale.
1891	0,01	0,05	0,06
1900	0,20	1,4	1,50
1905	0,52	3,0	3,50
1911	1,31	6,7	8,00

La puissance totale en chevaux des moteurs stationnaires alimentés par les stations centrales était :

en 1895	6 000 chevaux.	
1900	110 000	—
1905	520 000	—
1911	1 250 000	—

Le nombre des ouvriers travaillant dans les fabriques d'appareils et de machines électriques était :

en 1900	61 853
1905	82 510
1911	169 125

F. L.

L'électricité et la mise en culture des tourbières. — La mise en culture des terrains occupés par les tourbières, présente un intérêt considérable pour l'Allemagne, où ces dernières couvrent une surface que l'on estime à 2 500 000 hectares, qui est actuellement à peu près improductive. M. Teichmuller, de Francfort, s'est occupé de la question dans une série d'études très documentées, parues dans les nos des 5, 12, 19 et 26 décembre 1912, de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*.

On peut rendre propre à la culture le terrain d'une tourbière, soit en enlevant la tourbe, et en utilisant celle de bonne qualité comme combustible, soit en laissant la tourbe sur place, en l'affouillant sur une certaine profondeur, en la brûlant et en mélangeant le résidu à des engrais appropriés (diverses commissions se sont occupées de cette question et on a même fondé des instituts pour l'étudier.)

La tourbe est le produit de la décomposition de débris végétaux, à l'abri de l'air, sous de l'eau tranquille; on distingue deux sortes de tourbières, celles qui sont encore en formation, dans lesquelles la tourbe contient seulement des détritus de végétaux aquatiques ou de végétaux croissant sur les bords des marais, on les appelle *Niedermoor* en allemand.

Ensuite, ces tourbières-marécages se couvrent de bois de bouleaux et de pins, et plus tard, les couches superficielles de tourbe contiennent des débris de troncs d'arbres, de feuilles, de mousses; on a une tourbière définitive (*Hochmoor*).

On trouve ordinairement à la surface de la tourbière, une couche plus ou moins épaisse de tourbe blanche, qui ne peut être utilisée comme combustible; quand on enlève la tourbe pour cultiver le terrain (comme on l'a fait en Hollande), on met de côté la tourbe blanche, et quand le sous-sol sablonneux est mis à jour, on la répand en la mélangeant à des engrais (principalement des ordures ménagères), pour avoir un terrain fertile.

Quand on veut exploiter une tourbière quelconque, il faut au préalable l'assécher, et pour cela on creuse un réseau de de canaux, dont les uns, qui sont navigables, laissent entre eux des espaces de 200 × 1000 m.; on construit des routes sur les bords de ces canaux ainsi qu'au milieu des espaces et finalement, on obtient des parcelles de 10 hectares de superficie, qui sont ordinairement concédés à une famille.

On creuse dans ces parcelles des petits canaux ou bien l'on y dispose des drains lorsque l'on ne veut pas gêner la culture. Si on voulait vendre la tourbe extraite d'une tourbière, avant de la mettre en culture (ainsi qu'on l'a fait en Hollande où le combustible est très rare), on serait obligé d'attendre très longtemps, car, en Allemagne, la tourbe ne peut entrer en concurrence avec les autres combustibles que dans le voisinage immédiat de la tourbière.

En Allemagne, on s'est décidé à installer au milieu de la tourbière une station centrale alimentée par la tourbe, qui vend de l'énergie aux localités avoisinantes et fournit en même temps celle nécessaire pour la culture de la surface de la tourbière, dont on extrait peu à peu la tourbe; ordinairement, la tourbe que l'on doit extraire lors de l'aménagement des canaux, permet d'alimenter pendant très longtemps l'usine centrale.

L'emploi de l'électricité pour la culture a l'avantage d'éviter celui de locomobiles (chauffées à la tourbe) qui sont lourdes et s'enfoncent dans le sol peu consistant, ce qui produit en outre des dégâts dans les berges des canaux.

On peut employer la tourbe comme combustible dans des chaudières ou bien fabriquer avec elle du gaz pauvre; dans le premier cas, on consomme plus de tourbe par kw-h produit, mais par contre comme les turbines à vapeur peuvent être surchargées, tandis qu'il est impossible de le faire avec des moteurs à gaz, on a plus d'élasticité pour le fonctionnement de la centrale. En Allemagne, on a employé les deux procédés. M. Teichmuller conseille de les employer simultanément à l'usine centrale, les moteurs à gaz assurant le service ordinaire, et les turbines à vapeur les surcharges.

Il existe actuellement en Allemagne deux tourbières en exploitation, avec station centrale, celle de Wiese (Wiesenmoor) dans la Frise occidentale, près de Wilhelmshaven, et celle de Schwege (Schwegermoor), près d'Osnabrück; dans la première on a installé des moteurs à vapeur, et dans la seconde des moteurs à gaz.

M. Teichmuller décrit en détail les installations de la tourbière de Wiese et donne des renseignements détaillés sur la manière de recueillir la tourbe, de la transporter à l'usine et de la brûler; il donne ensuite quelques indications sur l'installation de Schwege.

On a d'abord installé sur la tourbière de Wiese, qui appartient à l'administration du fisc prussien, une usine de 200 chevaux destinée exclusivement à fournir du courant triphasé à 5000 v, pour la culture des terrains. Peu après, comme on avait pu passer des contrats pour la fourniture d'énergie à des localités voisines, entre autres Wilhelmshaven et Emden, l'administration chargea la Société hanséatique Siemens-Schuckert, d'installer et d'exploiter une centrale de 5000 chevaux, fournissant du courant triphasé à 5000 v pour les travaux de la tourbière et du courant à 20 000 v aux localités.

La tourbe est extraite au moyen de 2 excavateurs desservant chacun un malaxeur, des ouvriers la jettent dans des machines spéciales, et finalement on obtient des briquettes de 10 × 12 × 35 centimètres de côté (Soden) qui contiennent environ 80 pour 100 d'eau.

Quand ces briquettes sont complètement séchées à l'air, elles contiennent de 22 à 30 pour 100 d'eau et ne sont plus hygrométriques, on peut les conserver dans des hangars à l'abri de la pluie; elles ont alors environ 6 × 6 × 25 cm de côté.

Tant que les briquettes ne sont pas complètement sèches, elles sont hygrométriques et peuvent geler (elles sont alors incombustibles) : c'est pour cela que la campagne de récolte de la tourbe ne dure que de mars à août.

Il faut préparer pendant la campagne une quantité suffisante de briquettes; en 1910, par suite de la construction d'une écluse dans le port de Emden, on avait une telle quantité d'énergie à fournir qu'il était à craindre que la provision de briquettes ne suffise pas pour la marche de l'usine, jusqu'à ce qu'on pût se procurer de nouvelles briquettes sèches. On dut alors brûler du charbon, qu'on était obligé de mélanger à de la tourbe, car on n'aurait pu l'employer seul, les grilles étant trop grandes.

Les briquettes sont amenées à l'usine où elles sont, soit brûlées immédiatement, soit mises en réserve sur des wagonnets d'une construction spéciale, traînés sur des voies de 0,60 m, par des locomotives à essence; on a craint, en employant la traction électrique, de charger trop l'une des phases.

Les briquettes sont amenées au moyen d'un transport mécanique aux trémies des chaudières; on a eu certaines difficultés pour éviter qu'elles ne se réduisent trop en poussière avant d'arriver sur les grilles, car la poussière ne brûle pas bien.

On brûle à peu près 2,50 kg de tourbe contenant 30 pour 100 d'eau par kw-h, aux alternateurs. La tourbière a une super-

ficie de 6200 hectares et une épaisseur moyenne de tourbe de 2,50 m (de 0,50 à 3,50 m et même en certains endroits 5 m), le volume de la tourbe est donc de 155×10^6 m³, ce qui correspond à 22 millions de tonnes de tourbe séchée à l'air, contenant 30 pour 100 d'eau; en admettant une production annuelle de 20 millions de kw-h (2,5 fois la production actuelle), l'approvisionnement de tourbe suffira pour la marche de l'usine pendant 450 ans. Rien que la tourbe provenant des canaux suffira pour une période de 20 ans, en comptant une consommation annuelle de 20 millions de kw-h; comme la production d'énergie sera moindre pendant les premiers temps, on peut compter que cette tourbe suffira pour alimenter l'usine pendant au moins 30 ans.

On a eu des difficultés pour l'établissement de fondations solides, et pour la consolidation des voies ferrées et des routes.

Les poteaux des lignes sont, soit en bois, soit en fer à treillis; pour enfoncer les poteaux en bois, on taille en pointe leur extrémité inférieure, puis on les dispose dans des trous de 0,75 m de profondeur creusés dans la tourbe; on fixe alors au poteau, à hauteur d'homme, une poutre transversale et plusieurs hommes le font enfoncer en lui donnant en même temps un mouvement de rotation, jusqu'à ce qu'il ait atteint la couche de sable sous-jacente dans laquelle au besoin on le fait pénétrer. Les poteaux en treillis sont établis sur des blocs de béton d'au moins 1 m³, fondés sur le sable.

A la centrale de la tourbière de Schwege, près d'Osnabrück, la tourbe est utilisée dans des gazogènes d'après le procédé Frank et Cavoschen, (on peut dans ce cas l'employer même quand elle contient 70 pour 100 d'eau); on recueille sous forme de sulfate d'ammoniaque 1 ou 2 pour 100 de l'azote contenu dans la tourbe.

Dans cette usine, d'une puissance de 1500 kw, qui dessert les localités environnantes de courant triphasé à 30 000 v, on dépense, par kw-h produit par les alternateurs, une quantité de tourbe correspondant à 2 kg de briquettes complètement séchées à l'air (ayant 30 pour 100 d'eau); on va prochainement installer à une certaine distance de la centrale une usine à vapeur, obtenue avec du charbon, pour lui venir en aide lors des surcharges. F. L.

Téléphonie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juin.) — La station de Nauen a réussi, en employant un appareil à haute fréquence du système Telefunken, à transmettre la parole sans fil à une distance de 700 à 800 km. Aux postes récepteurs, entre autres à celui installé dans le musée industriel de Vienne, la réception a été très nette et très compréhensible. F. L.

Curieux phénomène d'ionisation. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 15 mai.) — M. J.-A. Herker, du laboratoire national de physique de Teddington, dans une conférence qu'il a faite sur les hautes températures, a parlé d'essais qu'il a entrepris sur l'émission d'ions positifs, à certaines températures et pressions variables.

On a placé dans un four électrique deux électrodes en charbon isolées l'une de l'autre, et appliqué entre elles une différence de potentiel de 8 v.

Quand les 2 électrodes étaient à une distance de 1 cm l'une de l'autre, il ne circulait aucun courant à la température de 1400°, tandis qu'à 2000° l'intensité était de 10 A.

On a cherché la dépendance du courant d'ionisation de la distance entre électrodes, de la différence de potentiel, de la température, etc.

Pendant les essais le four a été chauffé au moyen de courant alternatif, car, dans le cas de courant continu, la direction de celui-ci peut avoir une influence sur le courant d'ionisation. Pour déterminer l'influence de la température, on n'a appliqué aucune différence de potentiel entre les électrodes et l'une de celles-ci était mobile, de manière à pouvoir être éloignée de 125 mm de l'autre. Le déplacement était obtenu au moyen d'un mécanisme à volant. Un ampèremètre intercalé dans le circuit des électrodes indiquait une intensité de 2 milliampères à 1400° et de 2 A à 2500°. Les courants obtenus ont pu être utilisés pour faire fonctionner une série de petites lampes à incandescence.

Des résultats analogues ont pu être obtenus dans d'autres conditions. Le conférencier a fait remarquer qu'il peut y avoir là une nouvelle méthode de génération de l'électricité. F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Lézan (Gard). — *Distribution d'énergie électrique.* — Le *Sud Électrique*, dont nous avons publié la carte il y a quelques années, étend tous les jours ses ramifications. Il vient d'atteindre aujourd'hui Lézan, au cœur du département du Gard, en desservant toute une série de villages encore dépourvus de distribution d'énergie électrique tels que Saint-Chaptes, Moussac, etc. Dans le département de l'Hérault également ses lignes s'étendent constamment en fournissant aux viticulteurs une force motrice économique de plus en plus appréciée.

Ners (Gard). — *Éclairage.* — Il est question d'installer une distribution d'énergie électrique.

Oued-el-Alleug (Alger). — *Éclairage.* — La demande de concession d'une distribution d'énergie électrique, présentée par la Compagnie centrale d'énergie électrique, a été accueillie favorablement par le Conseil municipal et le projet sera mis prochainement à l'enquête.

Pont-Scorff (Morbihan). — *Éclairage.* — Le projet d'installation d'une distribution d'énergie électrique vient d'être mis à l'enquête.

Pont-sur-Sambre (Nord). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal étudie la question de l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Privas (Ardèche). — La concession de l'éclairage électrique pour les particuliers vient d'être accordée par la municipalité à la Compagnie du gaz.

Redon (Ille-et-Vilaine). — *Éclairage.* — La concession d'une distribution d'énergie électrique vient d'être accordée à la Compagnie du Gaz.

Samognet (Ain). — Une distribution d'énergie électrique va être installée par la Société lyonnaise, qui l'alimentera par son usine de Charmines.

Saint-Laurent-de-Chaumousset (Rhône). — *Éclairage.* — La municipalité vient de charger le maire d'entrer en pourparlers avec les différentes sociétés de distribution d'énergie électrique de la région pour installer l'éclairage électrique.

Saint-Nicolas-d'Aliermont (Seine-Inférieure). — *Éclairage.* — La municipalité a nommé une commission chargée de l'étude d'une distribution d'énergie électrique.

LA

DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

DANS PARIS

En avril 1909 nous avons donné l'exposé du programme technique de la distribution de l'énergie électrique dans Paris et des projets en voie de réalisation. Plus de quatre années se sont écoulées et les mesures prises pour étendre le réseau et fournir l'énergie sont à peu près entièrement terminées.

Les usines centrales Nord et Sud de la Compagnie Parisienne de Distribution sont fort avancées, surtout la première, et d'ici peu elles entreront en fonctionnement, pour rendre indépendant de toute source extérieure le réseau parisien.

Les sous-stations et centres de couplage recevront ainsi, directement, le courant haute tension nécessaire à leur alimentation, et l'utilisation en sera étudiée pour le meilleur rendement des unités productrices. Comme nous l'avons indiqué, les sous-stations sont plus spécialement réservées à l'alimentation des zones « continu 3 et 5 fils ».

Les centres de couplage distribuent le courant haute tension aux postes de transformation de la zone diphasée.

Les sous-stations à transformateurs statiques sont réservés à la zone monophasée.

En ce qui concerne les sous-stations à courant continu, tout ce qui figurait en 1909 au chapitre « Nouvelles installations » est actuellement en plein fonctionnement et, malgré l'augmentation considérable de la clientèle, due aux diverses causes examinées tout dernièrement, elles sont suffisantes pour les besoins actuels.

Le développement de la force motrice, conséquence directe : d'abord de l'abaissement de prix du kw-h à 0,30 fr; puis des tarifs spéciaux récemment consentis qui ramènent ce prix, pour les utilisations importantes, à 0,15 fr environ, a heureusement influé sur le régime d'exploitation, augmentant l'horaire de jour et par conséquent le rapport des kw-h débités aux kw installés, rendant plus efficients les groupes convertisseurs et la possibilité de marcher peut-être quelques années encore avec ces nouvelles installations.

Les sous-stations de transformation statique fonctionnent également sans difficultés. Les centres de couplage, qui représentaient la partie nouvelle de l'exploitation, n'ont donné lieu à aucun mécompte depuis leur mise en service. On utilisa pour commencer quelques cellules, seulement pour le petit nombre de postes de transformations mis en service; puis, ceux-ci étant devenus rapidement insuffisants devant l'augmentation du nombre des abonnés, l'on a mis en service de nouveaux postes et complété les cellules qui les commandent.

Le réseau basse tension ainsi desservi a fonctionné jusqu'à présent sans anomalie.

Les postes de transformation desservent aussi un certain nombre d'abonnés haute tension; de ce côté non plus l'exploitation n'a présenté aucune difficulté.

La répartition définitive est légèrement différente de celle prévue en 1909, dont nous avions donné un aperçu.

Les quatre zones sont maintenant nettement délimitées, sauf pour une légère portion qui est restée commune au « 3 fils » et au « 5 fils », afin de mieux répartir le débit des sous-stations de cette partie.

Cette définition des régions desservies a nécessité la transformation de certaines installations de 2 à 3 fils, de 3 à 5 fils, et de 5 à 3 fils, transformations opérées aux frais des secteurs et par leurs soins.

Au point de vue canalisations de rues, il en a été de même; tout s'est passé sans interruptions malgré les travaux assez importants à effectuer.

De même l'on a fait disparaître les canalisations aériennes de l'ancien secteur Beaubourg dont les abonnés sont desservis par le courant continu 440 v, 5 fils, ainsi que ceux de l'ancien secteur des Halles.

L'ensemble de ces mesures a réalisé le programme définitif d'exploitation de Paris, le partage en 4 zones caractérisées par leur mode de distribution. En ce qui concerne plus particulièrement les installations des abonnés, il reste pratiquement trois genres de distributions seulement, les dispositions du diphasé 5 fils se confondant, pour la plupart, avec celles du continu 5 fils.

Mais ce qui marque plus spécialement cette période transitoire d'organisation au point de vue technique, c'est le développement considérable des canalisations, sous l'influence des demandes nombreuses tant pour les voies publiques que pour les voies privées. Un certain nombre d'entre elles ont été effectuées sous le bénéfice et avec les garanties de consommation stipulées à l'art. 66 du Cahier des charges.

Les cités ouvrières ont profité souvent de mesures gracieuses prises par le concessionnaire qui n'a pas hésité, en les canalisant, à leur donner les bénéfices des immeubles placés sur rue.

C'est d'ailleurs une nécessité, pour l'exploitant actuel, de pénétrer dans ces agglomérations de petits industriels, sa clientèle par définition, pour lutter contre les forces motrices à transmission mécanique ou les îlots qui, par leur exploitation souvent précaire et désuète, sont loin d'offrir les garanties de tous genres que l'on peut attendre de la Compagnie Parisienne de Distribution. C'est aussi un succès pour le développement des moteurs électriques de supplanter les systèmes forfaitaires anciens par les tarifs précis des compteurs et, contre toutes les apparences, de provoquer dans le plus grand nombre de ces industries « en location », des économies notables, tant par la diminution des dépenses à vide, la meilleure utilisation, le minimum d'encombrement, etc. etc., que par l'intégration exacte de la consommation.

La grosse industrie elle-même n'hésite pas à étudier et

réaliser l'électrification de ses usines et de ses ateliers, tant à cause des tarifs réduits qui lui sont proposés que des avantages nombreux qui découlent de la transformation réalisée à relativement peu de frais.

Le développement de l'électricité à Paris suit donc cette marche remarquable qui, de partout, caractérise les applications innombrables qui en sont faites, dont l'importance suit une progression telle, que l'on n'aurait jamais osé l'envisager il y a seulement une quinzaine d'années et qui est aujourd'hui un fait accompli. A. R.

SUR L'EMPLOI DES TURBINES A VAPEUR D'ÉCHAPPEMENT ACCOUPLÉES A DES GÉNÉRATEURS SYNCHRONES OU ASYNCHRONES

On cherche souvent, dans les stations centrales à vapeur, à augmenter la puissance disponible par l'adjonction de turbines à vapeur d'échappement. Il est en général possible de réaliser ainsi sans accroissement des chaudières un gain de puissance de 60 à 80 pour 100. L'alternateur accouplé à la turbine à vapeur d'échappement forme une unité indépendante, pourvue des mêmes appareils de réglage et de manœuvre que les autres alternateurs de la centrale, de sorte que son adjonction exige un agrandissement du tableau de distribution. La turbine à vapeur d'échappement est alimentée d'ordinaire par de la vapeur vive à la mise en marche; l'admission de vapeur à basse pression n'a lieu qu'une fois la mise en parallèle effectuée.

Les alternateurs entraînés par des turbines à vapeur d'échappement peuvent être remplacés par des moteurs asynchrones; on évite ainsi les opérations de mise en parallèle et la simplicité du service y gagne. Cette solution fut proposée pour la station centrale de Summer Lane à Birmingham, équipée avec des machines à vapeur Bellis de 1500 kw entraînant des alternateurs Westinghouse à 25 périodes par seconde.

Les turbines à vapeur d'échappement devaient agir comme des quatrièmes cylindres des machines à vapeur à triple expansion et les générateurs asynchrones devaient ajouter leur puissance à celle des alternateurs principaux. Les générateurs auxiliaires asynchrones eussent été susceptibles de fournir automatiquement des puissances électriques correspondant aux quantités de vapeur d'échappement admises dans les turbines. On évitait tout agrandissement du tableau, ce qui, dans le cas envisagé où l'espace manquait, était un avantage à considérer.

Cette solution est en général très favorable. Un générateur asynchrone est aussi simple qu'un moteur à induit en court-circuit; il ne présente ni bague, ni collecteur, et le rotor est très robuste. On sait que la vitesse d'un moteur à induction baisse avec la charge de la quantité correspondant au glissement, par exemple de 1500 à 1480 tours. Il suffira pour la marche en générateur d'entraîner le moteur asynchrone à une vitesse dépassant le synchronisme de la même quantité soit 1520 tours environ pour un moteur à 4 pôles.

L'emploi d'alternateurs asynchrones entraîne cependant deux inconvénients. Tout d'abord l'alternateur ne peut fonctionner qu'en parallèle avec des alternateurs synchrones. Il ne peut donc être utilisé seul. Cet inconvénient était inexistant dans le cas de la station de Summer Lane, les turbines à vapeur d'échappement ne pouvant être alimentées que pendant la marche des alternateurs principaux. Le second inconvénient, assez grave pour les stations à charge inductive, provient du fait que le générateur asynchrone ne peut débiter de courant déwatté mais doit au contraire en recevoir.

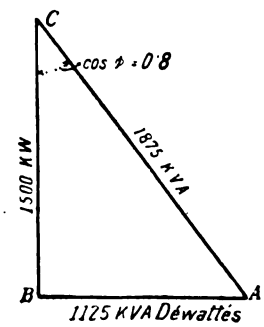


Fig. 1.

La charge moyenne des alternateurs principaux de la station de Summer Lane avant la mise en marche des turbines à vapeur d'échappement était de 1875 kv-a avec un cos φ de 0,8 ; la figure 1 donne la proportion de l'énergie wattée et magnétisante : BC représente la charge wattée de 1500 kw et AB la charge déwattée de 1125 kv-a. Si l'on ajoute un turbo-alternateur asynchrone de 1000 kw, la charge magnétisante ne s'accroît pas notablement. En effet, grâce à son faible entrefer et à la répartition des entailles, l'alternateur asynchrone ne demande pour son excitation que 300 kv-a d'énergie magnétisante. Cependant un inconvénient sérieux existe qui provient de la quantité d'énergie magnétisante correspondant à la charge inductive de 1000 kw couverte par l'alternateur asynchrone. Dans le cas envisagé ce chiffre est de 750 kv-a. Les alternateurs principaux doivent donc fournir en surplus des 1125 kv-a dévattés du début, des 300 kv-a correspondant à l'excitation de l'alternateur asynchrone, un supplément d'énergie dewattée de 750 kv-a pour la charge additionnelle. Or il ne peut être fourni aux barres collectrices sans surcharger les alternateurs en courant dévatté que 1125 — 300 = 825 kv-a et 2500 kw de charge wattée, ce qui correspondrait à une charge totale de 2633 kv-a et à un cos φ de 0,95 (fig. 2.)

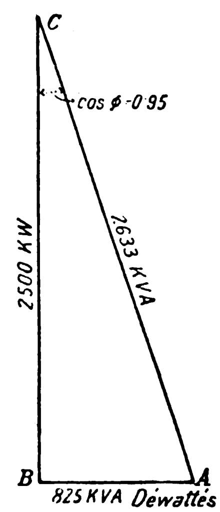


Fig. 2.

L'augmentation de la charge réactive des alternateurs de Summer Lane ne parut pas être une bonne solution. La Compagnie anglaise Westinghouse en proposa une autre consistant à accoupler la turbine à vapeur d'échappement avec un alternateur synchrone dont le rotor est disposé pour fonctionner à la mise en marche comme moteur d'induction et se mettre au synchronisme avec l'alternateur principal aux faibles vitesses. Il en résulte que le turbo-alternateur et l'alternateur correspondant démarrent en se mettant immédiatement au synchronisme dans les cas où il est possible de les exciter par les mêmes barres avant le démarrage. Cette opération ne fut pas possible à Summer Lane où l'excitatrice principale fournit aux bornes une tension de 440 volts, qui eût été trop élevée pour l'excitation d'un rotor bi-polaire de 1000 kw tournant à une grande vitesse. Cette excitatrice était arrivée d'ailleurs à sa charge limite. L'installation d'une excitatrice plus forte avec réglage par des résistances ne fut pas adoptée. On préféra monter en bout d'arbre

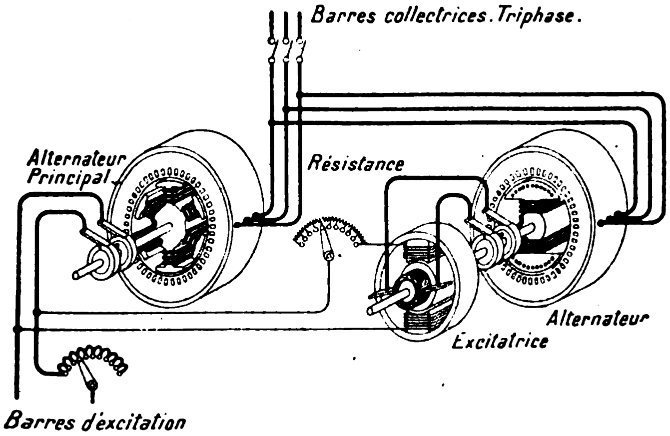


Fig. 3.

du turbo-alternateur une excitatrice donnant 125 volts dont l'inducteur est connecté en parallèle sur les inducteurs principaux à travers une résistance de réglage (fig. 3.) Le courant d'excitation de cette machine, qui n'est que de 1 ampère, est négligeable devant les 45 ampères fournis par l'excitatrice principale.

Le rhéostat d'excitation primitif de l'alternateur sert au réglage commun des champs magnétiques. Dans les pôles du rotor du turbo-alternateur sont placées de fortes tiges de cuivre, soudées à leurs extrémités à deux plaques massives en cuivre et formant une cage en court-circuit autour du rotor. L'enroulement d'excitation sur le rotor réuni constamment à l'induit de l'excitatrice de résistance et réactance faibles forme un deuxième enroulement en court-circuit. Ces deux enroulements amènent le turbo-alternateur au voisinage du synchronisme et l'y maintiennent tant que l'alternateur principal est excité. Les bornes des induits sont réunies entre elles, sans interrupteur. Il en est de même de l'excitation de l'alternateur et de l'excitatrice auxiliaire. Celle-ci a sa pleine excitation en même temps que l'alternateur principal; mais, comme au démarrage elle ne produit pas encore de courant, le turbo-alternateur commence à tourner dans un champ magnétique nul. La vapeur d'échappement entraîne la turbine, et la cage en court-circuit du rotor assure la correspondance des vitesses. L'excitatrice auxiliaire, qui possède dès le départ son champ maximum, donne une tension croissante à ses bornes. Il en résulte que le courant d'excitation du turbo-alternateur croît progressivement; celui-ci se met automatiquement au synchronisme à faible vitesse et y demeure. La figure 3 donne le schéma du montage.

Quatre de ces groupes sont déjà en service à la station de Summer Lane. Les machines à vapeur sont du type de 1500 kilowatts et peuvent fournir cette puissance dans la marche à condensation ou à échappement libre. Les turbines à vapeur d'échappement donnent environ 970 kw; leur puissance est fonction du degré de vide, qui est normalement de 698,5 mm. Chaque unité, du type horizontal à action, est placée sur son condenseur qui sert de fondations. Une vanne à vapeur actionnée par un relais à huile sous pression est intercalée dans la conduite de vapeur d'échappement entre la machine et la turbine; cette vanne ferme l'admission en cas de manque d'huile ou d'emballement de la turbine. La vapeur d'échappement se rend alors directement au condenseur par un passage prévu à cet effet. L'huile de graissage est amenée sous pression à la machine; en outre un appareil réfrigérant d'huile est prévu pour la turbine.

L'installation d'une turbine est aussi simple que possible, sans mécanismes, soupapes ni pompes à huile. Le condenseur à surface est muni d'une pompe à air Edwards, placée dans le sous-sol. L'eau de réfrigération, provenant d'un canal, passe d'abord dans une tour de refroidissement, car sa température serait trop élevée. Les pompes de circulation installées dans un bâtiment séparé débitent dans deux collectrices placées de chaque côté des salles des machines et sur lesquelles sont prises toutes les conduites d'eau froide des condenseurs. Chaque condenseur, de forme carrée, servant de base au groupe turbo-alternateur, est installé sur des poutres massives au-dessus de la fosse de la pompe à air. Un passage ménagé autour de la turbine communique avec les couloirs des sous-sols de la machine à vapeur.

Les pompes à air Edwards à 3 degrés sont à commande électrique ou à vapeur; leur vapeur d'échappement se rend dans la turbine. L'eau de condensation est élevée dans un réservoir d'alimentation placé sur le toit de la chambre des chaudières, par des pompes à eau chaudes commandées à partir des arbres des pompes à air. Les pompes à air peuvent se prêter secours mutuellement en cas d'accident à l'une d'elles.

Les turbo-alternateurs Westinghouse fournissent en courant triphasé, 5000 volts, 25 p:s, une puissance de 1500 kv-A; cos $\varphi = 0,8$. Le montage est celui de la figure 3 complété par une résistance variable sur le circuit d'excitation de l'excitatrice qui sert au réglage du facteur de puissance. La tension entre les barres générales

d'excitation de la centrale est réglée par des régulateurs Tirrill; il s'en suit que l'excitation de l'alternateur et du turbo-générateur dépendent de la charge. Si la composante déwattée de la charge de l'alternateur principal

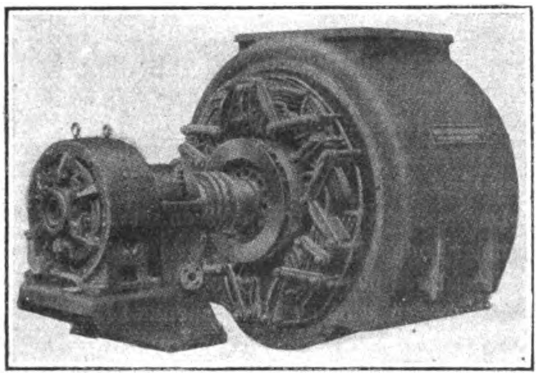


Fig. 4.

croît, l'augmentation est couverte automatiquement par le turbo-alternateur.

La figure 4 montre une vue du turbo-alternateur dont les flasques sont démontés (¹).

Des variantes de ce montage, dans le cas où l'excitation existante est suffisante pour les deux machines et fournie sous une tension convenable, sont décrites dans le brevet anglais n° 13 099 de 1911. Les excitations de l'alternateur et du turbo-alternateur peuvent être montées en parallèle ou en série sur les barres d'excitation. M. A.

L'ELECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER

PAR LE

SYSTÈME A COURANT CONTINU A 2400 VOLTS

La multiplication et le développement des réseaux de distribution d'énergie électrique ont petit à petit modifié d'une façon considérable les conditions dans lesquelles se présente la question de l'électrification des chemins de fer.

Il y a quelques années encore, on ne pouvait entrevoir l'application de l'électricité à la traction que pour des cas particuliers où intervenaient, à côté des considérations générales relatives à l'économie de l'exploitation, des circonstances particulières: obligations spéciales auxquelles sont soumis les services urbains, difficultés hygiéniques dans les tunnels, etc. Il n'était permis de le considérer comme étant économiquement possible que pour les services denses; quant aux services intermittents, ils semblaient devoir lui rester inaccessibles (²).

(¹) *Elektrotechnik und Maschinenbau*, n° 12, 1913.

(²) Rapport présenté à l'*American Institute of Electrical Engineers*, le 20 mai 1913.

Pour les grandes entreprises de traction électrique ayant à assurer un service dense, il importe peu que l'entreprise achète son courant ou le produise elle-même; les frais de première installation sont moins élevés dans le premier cas que dans le second; mais les frais d'exploitation sont à peine différents; cependant, il y a lieu de dire que, si l'on se place à un point de vue général, l'on doit préférer la première solution, parce qu'elle est de nature à favoriser l'application des principes de la centralisation et de la spécialisation; d'ailleurs la Compagnie appelée à fournir l'énergie électrique peut ordinairement céder celle-ci à des conditions avantageuses.

La question de l'obtention de l'énergie électrique nécessaire a toutefois beaucoup plus d'importance pour les services lourds, intermittents, pour les lignes où le trafic est irrégulier et assuré par un petit nombre de trains plus ou moins longs.

Pour des services de ce genre, l'établissement d'une centrale par le chemin de fer doit être rejeté d'une façon absolue : une usine génératrice fonctionnant uniquement pour la traction ne saurait en effet fournir l'énergie électrique à un prix satisfaisant.

Au contraire, les centrales qui ont une clientèle suffisante pour l'éclairage et pour la force rencontrent, dans la vente de l'électricité à une entreprise de traction, une source de bénéfices importante et elles se trouvent à même de mettre l'énergie à la disposition de cette entreprise à des prix très avantageux.

Le but du présent travail est de faire voir que, grâce à cela, le parallèle entre les deux méthodes de traction par la vapeur et par l'électricité peut être favorable à la traction électrique et que la locomotive électrique peut offrir de l'intérêt, sous le rapport économique, même pour les services intermittents, comme celui des trains de marchandises et des trains express de voyageurs.

Premier exemple : Trains de voyageurs. — *Service à vapeur.* — Prenons, comme exemple de convoi, un train composé d'une locomotive « Pacific », remorquant dix wagons en acier, du type Pullmann; la répartition du poids s'établit ainsi : locomotive, 185 tonnes (short ton = 0,9 tonne métrique), dont 70 pour le tender; wagons remorqués, $10 \times 75 = 750$ tonnes; poids adhérent, sur les trois essieux moteurs, 85 tonnes, ou 57 000 livres (1 livre = 453 g) par essieu (¹).

En comptant sur un coefficient d'adhérence de 0,20, on trouve un effort de traction possible de

$$0{,}20 \times 85 \times 2000 = 34\,000 \text{ livres};$$

cette limite est rarement atteinte en pratique dans le

(¹) Le rapport de M. Hobart, ayant été préparé pour l'*American Institute of Electrical Engineers*, ne contient que des unités anglaises, et leur traduction en unités métriques aurait nécessité un assez long travail qui aurait peut-être modifié certaines indications. Comme il s'agit en somme d'une comparaison entre la traction à vapeur et la traction électrique, c'est plutôt la valeur relative des chiffres qui est intéressante, et non leur valeur absolue. N. D. L. R.

service considéré. Celui-ci comporte communément des parcours de 100 milles (160 km) fournis en deux heures, à une vitesse moyenne de 80 km:h, avec une vitesse maxima de 96 km:h; l'effort de traction requis peut être estimé, dans les conditions normales, à 9 livres par tonne, ce qui donne une résistance totale de

$$9 \times 185 + 9 \times 750 = 1670 + 6750 = 8420 \text{ livres}$$

(l'exactitude est limitée aux trois premiers chiffres).

Le rendement mécanique de la machine étant évalué à 5 pour 100, on trouve, pour la puissance moyenne requise, 1320 hpi (horse-power indiqué, de 746 w).

La locomotive ordinaire « Pacific » consomme en moyenne 3,5 livres de charbon de bonne qualité par hpi et par heure en supposant un pouvoir calorifique de 14 000 Btu par livre (British thermal unit = 0,252 Calorie kg-d); son rendement thermique jusqu'au cylindre est donc de 5,20 pour 100 (le hpi-h correspond théoriquement à 2545 Btu) et jusqu'au maneton, de 4,41 pour 100; en déduisant la dépense d'énergie que représente le déplacement de la locomotive elle-même, on arrive à un rendement au crochet de 3,53 pour 100.

Pour le parcours de 200 milles (320 km) indiqué plus haut, la dépense de combustible est de

$$2 \times 1320 \times 3,5 = 9240 \text{ livres};$$

mais il y a lieu d'ajouter à cela les dépenses de mise à feu et celles qui se produisent pendant les arrêts; on peut évaluer ce supplément à 3000 livres par voyage.

Le rendement est donc encore réduit dans la proportion de

$$9240 : (9240 + 3000) = 9240 : 12\,240,$$

c'est-à-dire qu'il tombe, en dernière analyse, à 2,65 pour 100, ce qui correspond à une consommation de 0,165 livre par mille et par tonne de charge utile.

Service électrique. — Voyons maintenant quels seraient les résultats obtenus avec une locomotive électrique, dans les mêmes conditions.

Nous supposerons une machine ayant le même poids adhérent par tonne de poids de train. Si tous les essieux pouvaient être moteurs, nous aurions, W étant le poids de la machine,

$$W : 85 = (W + 750) : 935, \quad \text{d'où } W = 75 \text{ tonnes};$$

mais pour que la marche soit suffisamment douce, il est nécessaire que la locomotive ait un truck directeur, et ce à chaque extrémité, afin qu'elle puisse être employée avec une égale facilité dans les deux sens de marche.

Le poids d'un truck de ce genre peut être estimé à 15 tonnes; de sorte que la relation précédente doit être remplacée par celle-ci :

$$(W - 30) : 85 = (W + 750) : 935, \quad \text{d'où } W = 108 \text{ tonnes};$$

avec un poids adhérent de 108 — 30 = 78 tonnes; le poids total du train est de 108 + 750 = 858 tonnes au lieu de 185 + 750 = 935 tonnes.

L'effort de traction moyen correspondant à développer est de

$$(9 \times 108) + (9 \times 750) = 972 + 6750 = 7722 \text{ livres}$$

et la puissance à la jante des roues :

$$(50 \times 5280 \times 7722) : (60 \times 33\,000) = 1030 \text{ chevaux}.$$

Les grandes stations génératrices d'énergie électrique n'atteignaient autrefois qu'un rendement de 6 à 8 pour 100; 9 pour 100 était l'exception; mais on peut prendre aujourd'hui pour base une valeur de 11 pour 100; ce résultat était obtenu dès 1905 à Stockholm, à Berlin, à Vienne et à New-York; il l'est régulièrement à présent dans les grandes usines Édison; une station de New-York est même arrivée à 12 pour 100; le rendement des lignes de transmission peut être estimé à 95 pour 100; celui des sous-stations à 89 pour 100 pour un service dense (à arrêts fréquents), à 78 pour 100 pour un service intermittent (parcours longs); celui des lignes alimentaires et aériennes à 93 pour 100 dans les deux cas; celui des équipements des véhicules, à 71 et à 87 pour 100 respectivement et le rendement total moyen à

$$0,11 \times 0,95 \times 0,89 \times 0,93 \times 0,71 = 0,061$$

pour le premier cas, et

$$0,11 \times 0,95 \times 0,78 \times 0,93 \times 0,87 = 0,066$$

pour le second.

D'après cela il est permis de prendre une valeur de 6,6 pour 100 comme terme de comparaison pour l'exemple choisi.

Cette valeur donne, sur les mêmes bases que précédemment, pour la dépense de combustible, dans un voyage complet environ 5750 livres, ou 0,077 par mille et par tonne de poids utile.

Le rapport de la dépense de combustible, vis-à-vis de celle qui se produit avec la vapeur, est de

$$0,077 : 0,165 = 47 \text{ pour } 100.$$

L'avantage de l'électricité s'accentue si le service comporte des arrêts. D'autre part, il y a lieu de remarquer que le combustible est obtenu par l'usine génératrice, dont l'emplacement est choisi d'une façon toute spéciale, à un prix moindre que celui auquel il revient au tender; en outre, l'usine peut employer un combustible moins cher que ceux en usage sur les locomotives actuelles.

En fin de compte, si les consommations sont dans le rapport 1 : 2, le rapport des dépenses est plus favorable encore; on peut le considérer comme étant de 1 : 3 approximativement.

Système à adopter. — On peut conclure de ce qui précède que l'électricité sera employée de plus en plus pour les services de marchandises et de voyageurs; elle est indiquée sur les lignes où d'autres classes de trafic justifient l'électrification de la ligne : services suburbains à grande vitesse et services de tunnels; en outre, les avan-

tages résultant de la diminution des frais d'entretien et de réparation des locomotives, de la suppression des chauffeurs, de l'élimination du tender et l'augmentation de parcours des locomotives suffisent souvent à justifier les dépenses que comporte l'électrification.

La condition la plus importante à réaliser est de faire en sorte que les dépenses de première installation soient aussi réduites que possible; il a été démontré que le système à courant continu est le système le plus avantageux pour les services denses; pour les services à longs parcours, le courant continu à 2400 volts répond aux exigences.

Nous avons vu que la puissance nécessaire pour un convoi de 750 tonnes circulant à 50 milles à l'heure est de 1030 chevaux (de 746 w) à la jante; la puissance prise à la ligne peut être évaluée à 1150 horse-power; mais au démarrage et sur les rampes il faut compter sur 1600 chevaux au moins, ou 1200 kw ; sous une tension de 2400 volts, cette puissance correspond à un courant absorbé de 1 200 000 : 2400 = 500 ampères.

Cette intensité peut facilement être empruntée au moyen de deux dispositifs de prise de courant à pantographe; des essais ont fait voir que l'on peut tabler sur les intensités 1200, 900, 600, 450, 300 ampères pour des vitesses de 10, 20, 30, 40, 60 milles par heure sans qu'il y ait une usure excessive; pour deux collecteurs le courant permis peut être évalué à 175 pour 100 du courant indiqué pour un dispositif.

La tension de 2400 volts permet d'espacer les sous-stations de 15 à 30 milles, selon que le service est plus ou moins dense; si le service est très dense, on est généralement amené à rapprocher les sous-stations de telle façon que le courant continu à 1500 ou 1200 volts devient possible; pour les services urbains ou suburbains continus, on arrive aux tensions de 600 à 750 volts communément employées. Il y aura intérêt à combiner ces différents modes d'exploitation.

Aucune difficulté n'est à prévoir dans la construction des machines; celles-ci pourront aisément être conditionnées pour fonctionner sous les différentes tensions, l'alimentation se faisant, soit par une ligne aérienne, soit par un troisième rail; on fera fonctionner les moteurs par duo ou trio en série, sous 800, 1200 ou même 1800 v (si l'on veut passer à une tension en ligne de 3600 volts); l'expérience n'a pas montré jusqu'ici qu'il y ait rien à craindre quant à la mise en série de moteurs travaillant sur des essieux indépendants; si cette méthode venait à présenter des inconvénients, on pourrait coupler les roues mécaniquement ou faire agir les moteurs sur un même essieu.

Remarquons en passant que, dans le cas des services à parcours relativement longs, il n'y a pas, pour appliquer le contrôle série-parallèle, les mêmes raisons que dans les services à arrêts rapprochés.

DEUXIÈME EXEMPLE : LIGNE DE MONTAGNE. — *Remarques.* — Des estimations approfondies ont montré que l'adoption de l'électricité pourrait procurer pour beaucoup de lignes de montagne de l'Amérique Occidentale des avantages énormes et susceptibles de défrayer en quelques années les entreprises intéressées du coût des sous-stations, des canalisations alimentaires, des conducteurs d'adduction et des locomotives électriques; la situation est effectivement très avantageuse pour l'électrification des chemins de fer dans les États de l'Ouest, par suite du grand nombre d'usines hydraulico-électriques en service dès maintenant dans cette région.

La clientèle des chemins de fer serait très avantageuse pour ces usines; les groupes convertisseurs à moteur synchrone dont auraient besoin les installations de traction amélioreraient considérablement leur facteur de puissance et leur permettraient de fonctionner dans des conditions économiques; les prix de vente de l'énergie pourraient donc être très favorables.

Les conditions sont un peu différentes, dans les exploitations de ce genre, de celles qui se présentent pour les lignes ordinaires.

Définition du cas envisagé. — Nous pouvons prendre comme exemple typique le cas suivant emprunté à la pratique. (Installations à 2400 volts du Butte, Anaconda, and Pacific Railway.)

Des convois de 3400 tonnes doivent être remorqués à une vitesse moyenne de 14 milles par heure sur une rampe de 0,3 pour 100.

En comptant les frottements à 4 livres par tonne, on peut évaluer l'effort de traction nécessaire au crochet à

$$(0,3 \times 20 + 4) \times 3400 = 34000 \text{ livres}$$

et la puissance à 1000 kw environ.

Service électrique. — On emploie des locomotives de 80 tonnes, fonctionnant par deux ensemble; la puissance absorbée est de 1140 kw en service normal, ce qui correspond à un courant total de 480 ampères, ou 240 ampères par locomotive.

Les machines peuvent en réalité développer des efforts de 25000 livres à 15 milles par heure et la puissance des machines doubles est de 2000 chevaux (de 746 w).

Au démarrage elles pourraient donner un effort de traction de

$$160 \times 2000 \times 0,25 = 80000 \text{ livres}$$

avec un coefficient d'adhérence de 25 pour 100.

Cet effort correspond à celui que l'on obtient généralement avec des locomotives Mallet de 160 tonnes; mais le poids de celles-ci est augmenté de 90 tonnes environ pour le tender, et le poids par essieu moteur est de

$$(160 \times 2000) : 6 = 53500 \text{ livres,}$$

tandis qu'il est seulement de :

$$160 \times 2000 : 8 = 40000 \text{ livres}$$

pour les machines électriques.

La traction électrique présente l'important avantage d'être moins préjudiciable à la voie, propriété d'autant plus marquée que le couple est uniforme; mais où sa supériorité apparaît d'une façon remarquable, c'est dans la comparaison suivante :

Service à vapeur. — Une locomotive Mallet brûlant du lignite, à 11000 Btu par livre, fonctionne avec une consommation de 5 livres environ de lignite par cheval-heure indiqué (de 746 w).

Elle ne peut fournir, en développant un effort de traction de 60000 livres, qu'une vitesse de 6,5 milles à l'heure.

La puissance au crochet est de 1040 chevaux; la puissance indiquée $(3650 \times 1040) : (3400 \times 0,75) = 1500$ chevaux indiqués (de 746 w).

Le rendement est de $2545 : (5 \times 11000) = 4,63$ pour 100, le rendement au crochet de 3,22 pour 100; la dépense de combustible est de $(4,63 : 3,22) \times 5 = 7,20$ livres par cheval (de 746 w) au crochet.

Comme les machines sont soumises à de longs arrêts, en réalité la consommation est ordinairement de 10 à 12 livres; avec le premier chiffre, le rendement est de $(7,20 : 10) \times 3,22 = 2,32$ pour 100.

Comparaison entre les deux systèmes. — La locomotive électrique de 160 tonnes donne un effort de traction au démarrage plus grand que celui de la locomotive à vapeur de 250 tonnes, et elle maintient cet effort à une vitesse de 14 milles par heure; son rendement est de 5,5 pour 100.

Elle demande, en donnant 2000 chevaux (de 746 w), un mécanicien et au besoin un assistant; la locomotive à vapeur, avec une puissance de 1500 chevaux, ne pourrait fonctionner dans les conditions sus-indiquées (7500 livres de charbon par heure) qu'à la condition d'être desservie par deux chauffeurs, indépendamment du machiniste.

Les locomotives électriques à engrenages coûtent 450 dollars par tonne; les dépenses d'entretien et de réparations sont de 4 cents (1 cent = 5,18 centimes) par mille et par 100 tonnes de poids.

Les locomotives à vapeur coûtent deux fois moins cher, approximativement à la tonne; la différence provient surtout de ce que la fabrication de ces machines est beaucoup plus développée que celle des locomotives électriques; on fabrique annuellement plusieurs milliers de locomotives à vapeur, tandis que la production annuelle de locomotives électriques est de 100 à 200; les États-Unis, l'Angleterre, l'Allemagne et la France possèdent plus de 100000 locomotives à vapeur et il n'y a pas 1000 locomotives électriques en service.

Les frais d'entretien et de réparations des locomotives à vapeur sont voisins de 10 cents par mille et par 100 tonnes de poids; augmenté des charges d'intérêt, de taxe, d'assurance et d'amortissement ils dépassent notablement ceux des machines électriques.

D'un autre côté il est certain que les avantages de la traction électrique se préciseront à mesure que, appréciant mieux les propriétés des machines électriques, on abandonnera les méthodes d'exploitation actuelles, que la pratique a accommodées aux caractéristiques des locomotives à vapeur, mais qui ne font pas produire à l'outillage électrique tout ce qu'il peut donner.

Il faudra toutefois quelque temps sans doute avant que l'on ne tire complètement parti des vitesses plus grandes que la traction électrique donne, par exemple dans le service des marchandises; de la grande capacité de service de la locomotive électrique, de 50 ou de 100 pour 100 plus grande que celle de la locomotive à vapeur; de la régularité de fonctionnement de ces machines, grâce à laquelle le personnel est mis à l'abri des prestations supplémentaires auxquelles l'expose la machine à vapeur et qui occasionnent des dépenses élevées; de la simplicité de la conduite, grâce à quoi les opérateurs desservant une locomotive électrique peuvent aisément se relayer l'un l'autre, etc.

TROISIÈME EXEMPLE : LIGNE DE MONTAGNE. — *Définition du cas envisagé.* — Soit à assurer un service de trains de marchandises pesant 1400 tonnes sur une ligne présentant des rampes de 1,5 pour 100; admettons que la vitesse de marche sur les rampes doive être de 6,5 milles (10,4 km) par heure avec la vapeur et prévoyons que nos machines soient à même de mettre les trains en marche sur ces rampes.

Stipulons que la vitesse doit être de 50 pour 100 plus grande avec l'électricité qu'avec la vapeur; considérons une ligne de 50 milles de longueur totale; prenons que l'exploitation demande 15 locomotives à vapeur de 250 tonnes, fournissant 16000 milles de parcours par an; il n'y a pas probablement de machines qui atteignent un résultat aussi élevé.

L'expérience a établi que les locomotives électriques travaillent facilement onze mois par an, en fournissant sans peine 100 milles de service par jour, soit 33400 milles de service par an; ne comptons cependant que sur un parcours moyen annuel de 24000 milles, 10 locomotives électriques seront nécessaires pour le service défini plus haut (train de 1400 tonnes, rampe de 1,5 pour 100, vitesse de 6,5 milles à l'heure); les caractéristiques des deux méthodes peuvent se résumer ainsi qu'il est indiqué ci-après :

Service à vapeur. — Pour les locomotives à vapeur, la puissance au crochet est de 923 chevaux (de 746 w); la puissance aux cylindres de 1450 chevaux indiqués.

Les machines consomment environ 5 livres de lignite à 11000 Btu par cheval-heure indiqué; par train-mille, elles consomment $1450 \times 5 : 6,5 = 1200$ livres de combustible.

Supposons que la charge moyenne soit de 33 pour 100 de la charge totale; la dépense de combustible se trouve réduite à une certaine fraction, mais qui n'est pas de 1/3 et atteint au moins 1/2, soit 560 livres.

Le lignite coûtant 2,5 dollars par tonne, la dépense par train-mille est de 0,685 dollar (1 dollar = 5,18 fr).

Service électrique. — Avec les locomotives électriques, la vitesse doit être de 50 pour 100 plus grande; la puissance requise au crochet est donc de 1390 chevaux (de 746 w) et aux essieux moteurs de 1550 chevaux, ce qui donne une puissance absorbée de

$$1550 \times 0,746 : 0,87 = 1330 \text{ kw}.$$

La consommation d'énergie aux sous-stations par train-mille serait ainsi de

$$1330 : (0,93 \times 0,78 \times 6,5 \times 1,5) = 188 \text{ kw-h},$$

si le service était constamment en rampe; en reprenant comme plus haut une charge moyenne équivalent au 1/3 de la charge maxima, nous arrivons à une consommation moyenne de $188 : 3 = 63$ kw-h.

L'énergie électrique étant comptée à 1 cent (0,01 dollar ou 5,18 centimes) par kw-h aux sous-stations, la dépense est de

$$63 \times 0,01 = 0,63 \text{ dollar}.$$

Comparaison entre les deux systèmes. — Les dépenses de salaires peuvent être comptées à 20 cents par mille pour les deux genres de traction; les frais d'entretien et de réparations à $(10 \times 2,5) = 25$ et $(4 \times 1,6) = 6,4$ cents respectivement pour les locomotives à vapeur et pour les locomotives électriques.

Les locomotives à vapeur seront cotées à 45 000 dollars; les locomotives électriques à 72 000 dollars; supposons que, malgré leur simplicité, les locomotives électriques ne durent pas plus longtemps que les locomotives à vapeur; prenons pour base une durée de quinze années; comptons les taxes et assurances à 3 pour 100, les charges annuelles pourront être évaluées à $(5 + 4,6 + 3) = 12,6$ pour 100, et elles s'élèveront à 5,67 dollar par locomotive à vapeur et à 9,06 par locomotive électrique, ce qui donnera par mille et par an respectivement 35,4 et 37,8 cents.

En résumé les cinq postes de dépenses que nous avons considérés conduisent aux résultats suivants :

Dépenses par mille et par locomotive, en dollars.

	Vapeur.	Électricité.
1. Combustible	0,685	»
2. Électricité	»	0,650
3. Salaires du personnel des locomotives	0,200	0,200
4. Frais d'entretien et de réparation des locomotives	0,250	0,064
5. Intérêts, taxes, assurances et amortissements	0,354	0,378
Total	1,489	1,272

Dépenses annuelles totales, en dollars.

Vapeur	240 000 × 1,489 = 357 000
Électricité	240 000 × 1,272 = 306 000
Différence en moins pour l'électricité	51 000

Avec du charbon à 2,80 dollars la tonne et de l'électricité à 0,80 cent le kw-h, la différence serait de 102 000 dollars.

A déduire : salaires du personnel des sous-stations des lignes, etc.

Ces chiffres peuvent être considérés comme suffisamment voisins de la réalité pour servir d'indication; ils montrent que dans l'hypothèse envisagée l'électricité est nettement avantageuse.

On verrait de la même façon qu'il serait déraisonnable par contre, d'en envisager l'emploi si le charbon coûtait 2 dollars la tonne et l'électricité 2 cents le kw-h.

La dépense annuelle totale d'énergie peut être évaluée à $240\,000 \times 63 = 15,1$ millions de kw-h.

Les dépenses de première installation pour les sous-stations, feeders, conducteurs d'adduction et locomotives ne dépasserait pas 600 000 dollars.

Le poids de l'équipement électrique des locomotives électriques à courant continu à 2400 volts peut être évalué à 50-55 livres par cheval (de 746 w) de puissance continue, à la jante des roues; de sorte qu'il est facile d'obtenir les puissances requises pour les hautes vitesses sans dépasser le poids sur les essieux nécessaire pour obtenir l'effort au crochet requis.

QUATRIÈME EXEMPLE : ÉLECTRIFICATION D'UNE LIGNE DE MONTAGNE A SIMPLE VOIE. — *Définition du cas envisagé.* — Sur une ligne de montagne à simple voie de 96 milles de longueur, il arrive, à certaines époques de l'année, que le trafic des marchandises est tellement fort que l'on est obligé de le détourner en partie; la ligne dont il s'agit est divisée en seize sections, de 6 milles en moyenne de longueur, par 15 points de garage; le caractère de la ligne est tel que doubler la voie entraînerait des dépenses énormes; les deux points extrêmes sont au même niveau; l'altitude maxima, vers le milieu, est de 3800 pieds; la rampe moyenne est donc de 1,5 pour 100; la rampe maxima de 2,2; il y a des rampes de 2,5 pour 100, mais elles sont assez courtes pour pouvoir être négligées.

On se propose d'électrifier cette ligne, en organisant le service au moyen de convois de 900 et 1800 tonnes (non compris les locomotives), circulant à une vitesse moyenne de 12 milles entre les points d'arrêts, variant entre 9 milles sur les rampes de 1,5 pour 100 et 12 milles sur celles de moins de 1,5 pour 100; à la montée les trains circuleront sur la voie principale; à la descente, les convois marcheront à une vitesse un peu plus grande, en se garant pour ne pas arrêter les trains montants.

Sur ces bases théoriques, il pourrait y avoir huit trains dans chaque sens simultanément et les trains pourraient se succéder à raison de 1 par heure, ce qui donnerait 24 trains dans chaque sens par jour; mais en pratique, il est peu probable que l'on puisse dépasser les trois quarts de ce mouvement, ce qui correspondra à un service de 3460 train-milles par jour.

Ce chiffre ne se présente d'ailleurs que 100 jours par an approximativement; le restant de l'année, le trafic correspond à un service de 12 trains de 900 tonnes dans chaque direction.

Sur la rampe de 2,2 pour 100, le halage d'un train de 1800 tonnes demande un effort de traction au crochet de $(2,2 \times 20 + 8) \times 1800 = 94\,000$ livres; augmentons ce chiffre de 56 pour 100 en prévision des frottements pendant

la mauvaise saison, des grands vents, des courbes, etc.; nous arrivons à un effort nécessaire de 128000 livres.

Nous placerons une locomotive à chaque extrémité: ces machines devront pouvoir donner un effort de 64000 livres; en supposant un coefficient d'adhérence de de 0,20, leur poids devra être de 160 tonnes.

Service électrique. — Le service pourra être assuré au moyen des machines décrites dans le deuxième exemple.

Pour obtenir une accélération au démarrage de 1/10 mille par heure par seconde, sur la rampe de 1,5 pour 100, il faut un effort de

$$(1,5 \times 20 + 10 + 10) \times 1800 = 90000 \text{ livres},$$

ce qui correspond à 69 pour 100 de l'effort de traction possible avec le poids indiqué et à peine un coefficient de 0,20; on pourrait aller jusqu'à 1/4 mille par heure par seconde.

On peut compter que, pour assurer le service pendant la saison des forts transports, il faudra 48 locomotives : 28 en ligne, 4 à l'atelier, 16 aux extrémités pour les trains en formation.

La puissance dépensée sur la rampe de 1,5 pour 100 pour remorquer 18 tonnes à 12 milles à l'heure est de :

$$\frac{12 \times 5280 \times 90000}{60 \times 33000} = 2880 \text{ chevaux (de 746 w)}$$

ou 1440 chevaux par locomotive au crochet, et

$$1440 \times (900 + 160) : 900 = 1700 \text{ chevaux}$$

à la jante des roues motrices.

Il y aura huit essieux moteurs, donnant pour le service sus-indiqué 215 chevaux (de 746 w); cette puissance ne doit être donnée que par intermittence et pourrait facilement être obtenue avec les machines de chemin de fer du deuxième exemple décrit ci-dessus, machines où les moteurs ont une puissance permanente de 250 chevaux.

Le mouvement annuel peut être évalué à

$$(100 \times 56 \times 1800) + (265 \times 24 \times 900) =$$
$$= 6500000 + 5700000 = 12200000 \text{ tonnes};$$

comme les locomotives remorquent chacune 900 tonnes, elles doivent fournir 12200000 : 900 = 13600 parcours, soit une moyenne de 284 parcours par an pour chacune ou 27200 milles.

Le nombre d'heures de service peut être estimé à $286 \times 8 = 2288$, mais avec les pertes, retards, etc., le total annuel est de $2288 \times 1,5 = 3340$ heures.

Les dépenses de personnel peuvent être comptées, à raison de 2 hommes par locomotive, un mécanicien et un aide, rétribués sur la base de 6 dollars par jour, à $(3440 : 8) \times 2 \times 6 = 5150$ dollars par an ou 18,9 cents par locomotive-mille.

Les frais d'entretien et de réparations s'élèvent à

$$0,04 \times 1,6 \times 27200 = 1740 \text{ dollars par an}$$

ou $4 \times 1,6 = 6,4$ cents par locomotive-mille.

Le prix des locomotives, à raison de 450 dollars par tonne, est de $160 \times 450 = 72000$ dollars par locomotive (soit, en tout : $48 \times 72000 = 3460000$ dollars) — ce qui donne, calculé sur les mêmes bases que précédemment, $72000 \times 0,126 = 960$ dollars de frais, d'intérêt, d'assurance, de taxe et d'amortissement.

Quant aux dépenses d'énergie, elles peuvent être évaluées ainsi qu'il suit :

La puissance au crochet est en moyenne de 2880 chevaux (de 746 w); la puissance aux moteurs, de 3400 chevaux; la puissance absorbée $3400 \times 0,746 : 0,87 = 2920$ kw; l'énergie consommée est de $4 \times 2920 = 11700$ kw-h à la montée, et de 500 à la descente, donnant un total de 12200 kw-h par voyage pour un train de 800 tonnes et de 6100 kw-h pour un train de 900 tonnes : la consommation globale annuelle est de :

$$(100 \times 36 \times 12200) + (265 \times 24 \times 6100) =$$
$$= 44000000 + 39000000 = 83000000 \text{ kw-h};$$

avec les dépenses de manœuvre, de chauffage, etc., nous arrivons à $83000000 \times 1,25 = 104000000$ kw-h et, en admettant un rendement de 95 pour 100 pour les lignes et 78 pour 100 pour les sous-stations, nous trouvons enfin une consommation $104 : 0,95 : 0,78 = 144$ millions de kw-h par an.

Si l'énergie peut être obtenue à 0,7 cent le kw-h, la dépense annuelle est de

$$144000000 \times 0,007 = 1010000 \text{ dollars}.$$

Les dépenses pour la ligne aérienne, pour l'équipement des voies, pour les canalisations alimentaires, etc., ne dépassent pas 8500 dollars par mille; soit 900000 dollars en tout.

Il y a quatre sous-stations, pouvant donner chacune 28000000 de kilowatt-heures par an et dont la charge maxima, avec un facteur de charge de 25 pour 100, est de $28000000 : 8730 = 3200$ kw; elles coûtent, avec leurs transformateurs réducteurs et leurs groupes convertisseurs, 160000 dollars chacune ou 640000 dollars ensemble.

Les frais d'intérêt, d'entretien, de taxes, d'assurance, d'amortissement et de main-d'œuvre (station et lignes) sont comptés à 16 pour 100; ces frais s'élèvent par an à

$$0,16 (900000 + 640000) = 0,16 \times 1540000 =$$
$$= 246000 \text{ dollars}.$$

Pour l'ensemble les frais se composent de la manière suivante :

Dépenses d'exploitation, en dollars.

	Par locomotive.	Totales.
Locomotives : Salaires	5 150	
Frais d'entretien et de réparation	1 740	
Intérêts, taxes, assurances, amortissements	9 060	
Ensemble	15 950	766 000
Énergie électrique	21 000	1 010 000
Sous-stations et système de distribution	5 130	246 000
	42 080	2 022 000

Service à vapeur. — Les locomotives Mallet pourraient, au maxima, fournir la même vitesse que celle obtenue avec les locomotives électriques remorquant un train de 900 tonnes, en remorquant elles-mêmes un convoi de 600 tonnes; pour les convois de 1800 tonnes, il faudrait 3 machines.

La puissance des machines est de 2880 : 3 = 960 chevaux (de 746 w); l'effort de traction est de 30000 livres; la puissance aux cylindres

$$(600+250)\times 960:(600\times 0,75) = 1810 \text{ ch. indiqués.}$$

Avec le même combustible que dans l'exemple précédent, la consommation est de 1810 × 5 : 12 = 755 livres par locomotive-mille, soit 48 × 850 = 40800 livres sur les rampes; à la descente, la dépense peut être évaluée à 400 livres par heure et la durée à 6 heures, donnant 2400 livres; ensemble 40800 + 2400 = 43200 livres. Avec les pertes évaluées à 20 pour 100, nous arrivons à 1,20 × 43200 = 52000 livres ou 26 tonnes pour le parcours ou 52000 : 96 = 540 livres par locomotive-mille; le charbon coûtant 2,40 dollars à la tonne, nous arrivons à une dépense de (540 : 2000) × 240 = 65 cents par locomotive-mille.

Fût-ce en admettant que le service puisse se faire à la même vitesse qu'avec les locomotives électriques, il est certain que la durée des parcours, en comprenant les pertes de temps pour la formation des convois, serait de 50 pour 100 au moins plus grande; de sorte que pour les 100 jours de trafic maximum, la capacité de la ligne est réduite aux deux tiers de ce qu'elle est avec l'électricité, c'est-à-dire qu'elle descend pour toute l'année à (2 : 3) × 6500000 + 3700000 = 10000000 tonnes.

La consommation annuelle de charbon se monte à 0,9 × 96 × 10000000 : 2000 = 432000 tonnes; la dépense correspondante est de 2,40 × 432000 = 1040000 dollars.

Le service annuel des locomotives à vapeur est certainement inférieur de 33 pour 100 à celui des locomotives électriques et le maximum peut être compté à 18100 milles.

Pour l'ensemble des machines, le service total nécessaire s'élève aux chiffres suivants :

1° Pendant la période de fort trafic :

$$96\times 100\times 24\times 3 = 690000 \text{ milles.}$$

2° Pendant la période de faible trafic :

$$96\times 265\times 25\times 1 = 610000 \text{ milles;}$$

soit en tout 690000 + 610000 = 1300000.

Le nombre de machines nécessaires est de

$$1300000 : 18100 = 72.$$

Ces machines peuvent être cotées à 45000 dollars, ce qui donne une dépense totale 72 × 45000 = 3240000 et, en prenant les mêmes bases que pour les locomotives électriques, une charge annuelle de 5660 dollars par locomotive ou de 566000 : 18100 = 31,3 cents par locomotive-mille.

Chacune des 72 locomotives fournit

$$1300000 : (96\times 72) = 188 \text{ voyages par an,}$$

ou 1504 heures de service, le temps perdu dans les manœuvres, qui est équivalent au temps de fonctionnement, donne un total de 3008 heures de service pour le personnel.

Celui-ci comprend un mécanicien et un chauffeur; les équipes fournissent 8 heures de service par jour; leur salaire journalier est de 9 dollars et les frais annuels de personnel montent à (3008 : 8) × 9 = 3380 dollars par an ou 338000 : 18100 = 18,7 cents par locomotive-mille.

Il est à remarquer que sur les rampes, où l'on doit brûler 40800 livres de charbon, en un temps que nous pouvons fixer à 5 heures, soit 8200 livres par heure, il faudrait vraisemblablement deux chauffeurs.

Les frais d'entretien et de réparations peuvent être comptés à 10 × 2,5 = 25 cents par locomotive-mille; ils s'élèvent donc par machine et par an à

$$0,18\times 2,5\times 18100 = 4250 \text{ dollars par an.}$$

En résumé, les dépenses d'exploitation, pour la vapeur, s'élèvent aux chiffres suivants :

Dépenses annuelles.

	Par locomotive.	Totales.
Locomotives : Salaires	3 380	
Frais d'entretien et de réparation	4 250	
Intérêts, taxes, assurances, amortissement	5 660	
Ensemble	13 290	957 000
Combustible		1 040 000

Comparaison entre les deux systèmes. — Entre les mouvements s'établit en premier lieu la comparaison suivante :

Mouvement annuel.	Vapeur.	Électricité.
Millions de tonnes	10	12
Millions de tonnes utiles	5	6,1
Millions de tonnes-milles utiles	480	585
Recette par tonne-mille, en cents	0,75	0,75
Recettes totales, en dollars	3 600 000	4 390 000
Recettes par mille de voie	37 500	45 600
Dépenses totales annuelles	1 996 000	2 022 000
Différence des recettes sur les dépenses	1 604 000	2 368 000

Quant aux dépenses elles s'établissent ainsi qu'il suit :

Dépenses en cents par locomotive-mille.

	Vapeur.	Électricité.
Combustibles	65	0
Électricité	0	78
Réparations	20	5,6
Salaires	18,7	18,9
Remise des locomotives	3,5	0
Graissage	0,9	0,5
Varia	0,6	0,3
	108,7	103,3

Mais il est à observer que le poids moyen des convois remorqués par les locomotives électriques est de 900 t, tandis que celui des locomotives à vapeur n'est que 960000000 : 1300000 = 740 tonnes; la comparaison par tonne-mille utile est donc pour l'électricité plus avantageuse encore que la précédente.

Dépenses par 100 tonnes-milles utiles.

Vapeur . . . . 108,7 : 7,40 = 14,7 cents
Électricité . . . . 105,3 : 9,00 = 11,5 —

Pour les trains de 1800 tonnes, les chiffres correspondants sont respectivement de 18,1 et de 11,6 cents.

HOBART.

DÉSHYDRATATION ET PURIFICATION DES HUILES

Pour obtenir un bon service et pour économiser le liquide, avec les appareils électriques placés dans un bain d'huile, transformateurs, interrupteurs à haute tension, disjoncteurs, parafoudres électrolytiques, etc., il est indispensable que l'huile employée soit maintenue en bon état de propreté et de sécheresse; les huiles dont dispose à présent l'industrie électrique sont généralement satisfaisantes, au point de vue de la stabilité; chimiquement, elles ne s'altèrent pas appréciablement et ne donnent lieu à aucun dépôt si les températures fixées ne sont pas dépassées; au point de vue hygroscopique également, elles sont supérieures aux huiles que l'on employait au début; mais, d'un autre côté, il est difficile d'empêcher que de l'humidité ne s'y introduise, au cours des manutentions, des transports, etc., ou pendant le service; de plus, des accidents peuvent se produire (défauts d'étanchéité des cuves, fuites aux serpentins de réfrigération) qui y introduisent de l'eau; enfin, pour les interrupteurs et les disjoncteurs, il y a lieu de prévoir aussi la carbonisation de parcelles des contacts ou de l'huile.

Il est donc utile, dans les grandes installations électriques, que l'on dispose d'appareils de déshydratation et d'épuration appropriés; la déshydratation est particulièrement indispensable; des expériences très précises ont fait voir, en effet, que les moindres traces d'humidité réduisent considérablement les qualités des huiles; il suffit de la présence de 0,001 à 0,005 pour 100 d'humidité dans une huile pour en diminuer appréciablement la rigidité diélectrique.

Le procédé de déshydratation et d'épuration considéré aujourd'hui comme le plus efficace est le filtrage au moyen de filtres-presses à papier, qui arrêtent mécaniquement les particules solides existant éventuellement dans le liquide et retiennent l'humidité par capillarité; les plus grands constructeurs ont établi pour la réalisation de ce procédé des appareils qui en permettent l'application aisée et pratique.

Ces équipements se composent essentiellement d'un filtre-presse, d'un moteur, d'une pompe, d'une passoire et d'un manomètre; l'ensemble est monté sur un bâti en fonte; le filtre-presse lui-même est formé, par exemple, de plaques en fonte et d'encadrements placés alternativement l'un à côté de l'autre; une feuille de papier buvard est interposée entre chaque plaque et l'encadrement voisin; les plaques sont gaufrées de manière à supporter le papier, tout en laissant des intervalles pour la circulation de l'huile; l'espace limité par deux plaques et l'encadrement intermédiaire constitue un compartiment ou élément de filtre; les éléments sont serrés entre deux plaques terminales, au moyen d'une vis et d'un levier.

La pompe actionnée par le moteur refoule l'huile par l'un des angles du filtre-presse et l'envoie dans le premier compartiment; le liquide traverse les deux faces formées chacune d'une feuille filtrante.

La partie que nous avons appelée passoire est un filtre interposé sur la conduite de refoulement du liquide; elle est formée d'une toile métallique et est destinée à retenir les matières étrangères les plus volumineuses.

L'appareil est muni d'un dispositif de sûreté pour s'ouvrir automatiquement lorsque la pression dépasse une limite donnée, de manière que le filtre ne soit pas détérioré s'il venait à s'obstruer incidemment.

Les feuilles de papier du filtre doivent être nettoyées et séchées pour chaque opération.

Le séchage se fait avantageusement au moyen d'un fourneau électrique; cet appareil se compose d'une caisse en tôle, à doubles parois, avec des registres de réglage à la partie supérieure; les éléments de chauffage sont formés d'un ruban métallique enfermé dans une feuille de mica pur et placé dans un tube en tôle d'acier; ils se mettent en place au moyen d'un socket à bayonnette.

Les appareils de filtrage sont établis pour différents débits, un grand constructeur fournit par exemple deux tailles : 45 à 50 litres par minute et 10 à 15 litres par minute.

Pour reconnaître s'il y a utilité à soumettre l'huile au traitement ci-dessus, on procède aux épreuves ordinaires. Les essais les plus efficaces sont naturellement les essais électriques directs, qui comportent le prélèvement attentif d'échantillons du liquide; cette opération demande à être effectuée avec des soins particuliers.

Il nous paraît intéressant de résumer ci-après quelques recommandations données à ce sujet par un praticien américain [1].

Pour extraire la quantité d'huile voulue, dit ce spécialiste, on prend un tube de verre de 2,5 centimètres de diamètre rétréci à l'extrémité inférieure, de manière que le diamètre y soit réduit au quart du diamètre normal et de longueur suffisante pour que l'on puisse atteindre le fond du réservoir; c'est dans les couches inférieures du liquide que doivent être effectués les prélèvements; on ne les effectue qu'après avoir laissé reposer l'huile pendant 24 heures au moins. Avant l'usage, le tube est soigneusement lavé et séché. Appliquant la paume de la main sur le bout supérieur du tube, pour le fermer hermétiquement, on introduit la pipette ainsi constituée dans le récipient; lorsqu'elle atteint le fond, on la

[1] H. H. Hodgman, Installation and operation of high voltage transformers, *General Electric Review*, decembre 1912, p. 746.

débouche, en retirant la main, pour qu'elle puisse se remplir d'huile; on referme le tube; on le retire rapidement et on en déverse le contenu dans un récipient, une bouteille d'un litre de préférence.

La bouteille doit être bien propre et bien sèche, il en est de même du récipient de l'appareil d'essai; généralement, il suffit d'essuyer ce récipient, après chaque opération, au moyen d'un linge propre qui ne laisse pas de fils.

Lorsque l'on veut extraire de d'huile d'un transformateur ou d'un grand réservoir, on doit d'abord en extraire une vingtaine de litres au moins, pour rincer les tubes et tubulures par où le liquide passe et qui pourraient contenir des eaux de condensation.

Les bouteilles d'échantillons doivent être soigneusement fermées au moyen de bouchons propres et secs.

On est parfois embarrassé, dans les climats humides, pour sécher convenablement les bouteilles. Le meilleur moyen consiste à placer les flacons, après les avoir lavés convenablement, dans une chambre ou dans un four, en les disposant, goulot vers le bas, dans une position légèrement inclinée par rapport à la verticale.

Il est nécessaire que l'atmosphère, dans la chambre ou le four où l'on opère, soit bien sèche. On utilise avantageusement pour y placer les fioles une caisse pouvant se fermer hermétiquement et dont on maintient l'air convenablement sec au moyen de chlorure de calcium. Dans les conditions ordinaires, on laisse sécher les récipients à l'air libre.

Il arrive que l'on ait à transférer l'huile d'un récipient dans un autre; si le liquide doit être réemployé ensuite, il est indispensable de veiller à ce que le récipient destiné à recevoir le bain soit propre et sec; on aura soin de le laver à fond en tout cas à l'alcool, ou à la benzine, puis de le faire sécher dans une chambre chaude et sèche; pour que la dessiccation soit rapide, on fait tourner le vase sur lui-même de manière que le liquide qui peut y être resté s'étale et s'évapore plus facilement; si cela est nécessaire, on ferme la chambre où l'on opère et l'on y place des récipients contenant du chlorure de calcium; on peut aussi sécher à l'air chaud.

En aucun cas, on ne peut charger de l'huile dans un transformateur sans en avoir fait l'essai au point de vue de l'humidité et sans l'avoir filtrée. En outre, au bout du repos dans lequel on doit laisser le transformateur avant de le mettre en service, il est nécessaire de prélever quelques échantillons de liquide dans les couches inférieures du bain et de les examiner; ce n'est qu'après cette vérification complémentaire qu'il est permis de mettre le transformateur sous tension. H. Marchand.

Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.

Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à **M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.**

L'EMPLOI DES FREINS ÉLECTROMAGNETIQUES SUR RAILS EN AUTRICHE

Le frein de rail, encore peu connu dans la plupart des autres pays, est utilisé d'une façon relativement étendue en Autriche: il est en usage depuis 1897 sur le chemin de fer de Gmunden et il a été introduit depuis trois ou quatre ans dans plusieurs exploitations.

Les freins employés par le chemin de fer de Gmunden sont formés d'une paire de sabots de rail, actionnés à la main; ils sont exclusivement employés comme freins de sûreté, sur les rampes prononcées (de 95 pour 1000) que présente la ligne, lorsque les rails sont couverts de feuilles, de glace, etc.

Dans toutes les autres exploitations, les freins de rail en usage sont des freins électromagnétiques.

Ce système a été introduit pour la première fois sur le chemin de fer local d'Abazzia, où existent des rampes de 85 pour 1000; le type de frein adopté comporte deux électro-aimants, dont les enroulements sont insérés dans le circuit de freinage des moteurs et qui agissent sur les sabots de frein à main, par l'intermédiaire d'une transmission à leviers; au début le procédé n'a pas donné de bons résultats; il a été constaté que les effets étaient fortement affaiblis lorsque le conducteur manœuvrait trop brutalement le frein de rail ou le frein à main; ce fait provenait de la chute d'intensité des courants de court-circuit.

Il n'était pas permis d'espérer que l'on pourrait amener le personnel à freiner méthodiquement en cas de danger; pour que le frein magnétique pût être employé comme frein de sûreté et comme frein de service, on a songé à en munir les électro-aimants de deux enroulements, excités l'un par le courant de court-circuit, l'autre par le courant de ligne; ce dernier enroulement peut être mis en circuit, soit au moyen d'un plot supplémentaire de freinage, soit au moyen d'un interrupteur spécial; on place, si on le juge bon, un interrupteur dans l'intérieur de la voiture de manière que les voyageurs puissent provoquer l'arrêt; le receveur peut freiner soit graduellement avec la manivelle du contrôleur, soit rapidement, en cas d'accident, avec l'interrupteur; afin que l'enroulement ne soit pas surchauffé, on conditionne l'interrupteur pour qu'il s'ouvre automatiquement lorsque le conducteur le lâche.

Dans la disposition actuelle, les sabots de freinage sont suspendus, à l'intervention de ressorts, sur un châssis spécial monté sur les boîtes des essieux; ils sont placés à 6 mm environ de la surface des rails; à pleine excitation chacun des électro-aimants peut développer un effort

vertical de 4000 kg; les deux enroulements peuvent tous deux saturer l'électro-aimant.

Des essais ont été effectués sur une section en rampe de 74 pour 1000, les rails étant huilés artificiellement : avec des vitesses de marche de 12 à 13 km à l'heure, le parcours de freinage a été de 20 à 35 m; sur rails secs, et avec une vitesse de 17 km à l'heure, on a obtenu une retardation de 0,55 m par seconde.

En pratique, on remarqua que le frein adhérait parfois au support, par suite de l'aimantation de celui-ci, et, afin de faire disparaître cet inconvénient, on a inséré entre les deux parties des pièces intercalaires non magnétiques; dans les derniers modèles, le même résultat a été obtenu en donnant aux surfaces une forme et un degré de dureté approprié.

C'est dans cette forme qui répond aux exigences de la pratique que le frein électromagnétique est généralement appliqué à présent.

Sur le chemin de fer Dermulo-Mendelpass, il est utilisé comme frein de sûreté en combinaison avec un frein à vide, utilisé pour le service normal.

Les électro-aimants ont deux enroulements, comme dans les équipements de la ligne d'Abazzia; mais le second enroulement, au lieu d'être excité par le courant de court-circuit, est alimenté éventuellement par le courant d'une petite batterie d'accumulateurs; cette disposition donne toute garantie d'un bon freinage, même lorsque le courant de ligne fait défaut; les enroulements sont conditionnés pour des courants de 6 ampères sous 800 volts et 400 ampères sous 12 à 14 volts.

Il y a quatre sabots pour chaque voiture; l'effort de traction est de 5000 à 6000 kg pour chacun.

Le système a donné de très bons résultats; il est très apprécié pour la pente de 80 pour 1000 que présente la ligne; d'après des essais effectués sur cette pente, les parcours de freinage, qui sont de 100 à 112 m avec le freinage ordinaire, sont réduits à 42-50 m avec le freinage électromagnétique de rail, pour un train de deux voitures, pesant 33 tonnes et pour une vitesse de marche de 25 km à l'heure.

Le frein électromagnétique de rail a été récemment introduit dans l'exploitation des tramways de Czernowitz; ces tramways possèdent une section où la pente est de 104 pour 1000; le service est fait au moyen de voitures pesant 9 tonnes à vide et 12 tonnes en charge; pour assurer le freinage, la voie est constamment sablée par des ouvriers; afin de ne pas la désabler, les électro-aimants ne sont reliés aux moteurs que sur les derniers plots de freinage.

Le frein compound, dans la forme où il est employé pour le chemin de fer d'Abazzia, a été adopté aussi par le tramway Gravosa-Ragusa; le réseau présente des rampes de 76,5 pour 1000; toutes les automotrices sont munies de deux freins électromagnétiques développant chacun un effort de 3000 kg.

Sur une pente de 76,5 pour 1000 et les rails étant secs, une voiture de 9 tonnes, lancée à une vitesse de 18,5 km, à l'heure a pu être arrêtée sur un parcours de 8 m; dans les mêmes conditions pour un train de 16 tonnes composé d'une automotrice et d'une remorque, à la vitesse de 17 km à l'heure, la retardation a été de 1,4 m par seconde.

Des constatations identiques ont été faites par les Tramways d'Aussig.

Ce réseau présente des rampes de 94 pour 1000. La plupart des voitures automotrices pèsent 10,5 tonnes à vide; ce sont des voitures à deux essieux; l'empattement est de 2,5 m: sur chaque voiture il y a quatre sabots électromagnétiques, développant approximativement 2700 kg; le système est le même que celui du chemin de fer local d'Abazzia.

Une voiture marchant à vide et lancée à la vitesse de 19 km à l'heure, sur une pente de 94 pour 1000, a pu être arrêtée sur un parcours de 11 m, ce qui représente une retardation de 1,2 m par seconde; un arrêt plus rapide encore a été obtenu en excitant le frein exclusivement par le courant de ligne.

Quelques automotrices à 1,7 m d'empattement sont équipées de deux freins, donnant un effort de 3500 kg.

Des freins électromagnétiques sont en usage depuis plus de trois ans et ont donné de bons résultats sur les tramways d'Inglau qui présentent des rampes de 78 pour 100.

Les freins employés sont du même genre que les précédents, mais ils sont dus à un autre constructeur; chaque frein, qui développe approximativement 4000 kg, est composé de deux parties, réunies par une articulation, de façon à pouvoir mieux s'inscrire dans les courbes; chaque moitié de frein possède ses enroulements propres; l'enroulement de lignes est mis en circuit, soit au moyen d'un interrupteur spécial, soit au moyen du contrôleur; auquel est accouplé mécaniquement, dans ce but, un dispositif approprié; ce dernier dispositif est un peu compliqué et dans l'avenir on emploiera sur le contrôleur un plot de fermeture.

Au début, on a constaté quelques défauts dans le fonctionnement des freins, ceux-ci ne s'appliquaient pas toujours régulièrement; ils étaient soumis à des pressions et dépressions alternatives; le défaut provenait du trop grand écartement entre les sabots et les rails, la distance a été réduite à 2 mm et l'on a modifié la surface de frottement; le fonctionnement est actuellement bon.

Les Tramways de Prague emploient un frein électromagnétique avec lequel l'aimantation est longitudinale, au lieu d'être transversale, comme dans les cas précédents; les essais ne sont pas terminés.

Il en est de même pour ceux qui ont été organisés au sujet du fonctionnement des freins électromagnétiques par les Tramways Viennois.

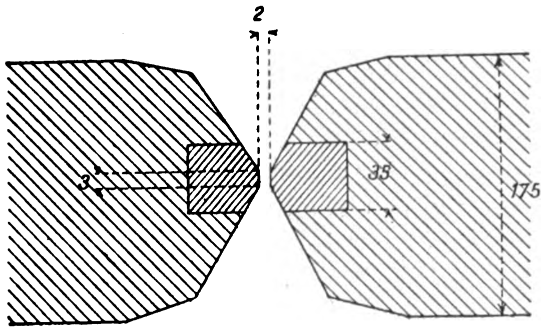
Dans l'ensemble on peut dire que, d'après l'expérience acquise jusqu'à présent, les freins électromagnétiques de rails sont très utiles sur les lignes qui présentent des rampes accentuées; ils ne rendent pas inutiles les freins ordinaires, mais ils les complètent efficacement, notamment en cas de danger. HENRY.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 30 juin 1913.

Sur les champs magnétiques obtenus avec un électro-aimant (¹) muni de pièces polaires en ferrocobalt par M. PIERRE WEISS, transmise par M. J. Violle. — L'étude des ferrocobalts, faite sous ma direction par M. A. Preuss (Thèse, Zurich, 1912), a montré que le fer, qui possède 11 magnétons par atome, forme avec le cobalt, qui en a 9, un composé défini Fe^2Co de 12 magnétons par atome. Si l'on tient compte de la différence des poids atomiques, de celle des températures de perte du ferromagnétisme et de celle des densités, on trouve que le ferrocobalt a une aimantation à saturation de 10 pour 100 supérieure à celle du fer, à la température ordinaire.

En attendant que l'industrie fournisse le ferrocobalt, M. de Freudenreich a réalisé par les moyens du laboratoire cette préparation, assez délicate lorsqu'il s'agit d'obtenir des pièces de dimensions notables sans trop de soufflures. Avec les matières premières : fer de Suède et



cobalt industriel à 98,5 pour 100, nous avons obtenu dans différentes fontes un gain de 9 pour 100 et de 9,7 pour 100, au lieu des 10 pour 100 de l'alliage de composition exacte. Le lingot qui donnait 9 pour 100 était le plus compact et a servi pour la taille des pièces polaires. Faute de matière suffisante pour les faire tout entières en ferrocobalt, on s'est borné à les munir de *pointes* de ferrocobalt comme il est indiqué sur la figure ci-dessus.

Les champs obtenus avec ces pièces polaires et avec d'autres, exactement de même forme, en fer de Suède, ont été mesurées au moyen de la méthode d'ascension, modifiée par A. Piccard, et dont le caractère principal est la purification du ménisque par déversement. Le liquide employé est l'eau, dont le coefficient d'aimantation est actuellement bien connu. L'ascension a dépassé 11 mm. Les mesures ont été faites avec grand soin par MM. Piccard et Fortrat.

Diamètre surf. front. en mm.	Entrefer en mm.	Ampères-tours.	Champs — Fer en gauss.	Champs — Ferrocobalt en gauss.	Puissance en kw.
3,00	2,00	25 000	39 800	41 840	0,34
»	»	50 000	43 540	45 790	1,37
»	»	100 000	45 780	48 020	5,5
»	»	200 000	47 570	47 990	22
3,00	1,00	100 000	52 580	55 170	22

Dans tous les cas le gain par le ferrocobalt a été voisin de 5 pour 100. Même le remplacement partiel du fer par le ferrocobalt est aussi efficace que l'augmentation de la puissance dépensée dans le rapport de 1 à 4. La dernière ligne donne la mesure faite dans un entrefer très étroit, juste suffisant pour recevoir le tube à ascension. On voit que la méthode ne cesse pas d'y être applicable.

Les mesures des quatre premières lignes se rapportent à un entrefer de 14 mm^3 dans lequel on peut placer une étincelle, une petite flamme ou un milieu absorbant. Dans un espace de 0,5 mm^3, suffisant pour loger un grain de radium, on eût obtenu 75 000 gauss.

L'électro-aimant est bobiné avec 1000 tours de tube de cuivre parcouru par un courant d'eau, le métal servant de conducteur électrique. Pour pouvoir faire passer la quantité d'eau nécessaire à la réfrigération, le tube est divisé en 10 sections, en dérivation pour le courant d'eau et en série pour le courant électrique. Le débit d'eau est 6 litres par minute et l'échauffement maximum 50°. L'eau froide étant amenée dans la première couche de chaque bobine, le noyau reste froid. L'appareil atteint sa température de régime en 2 minutes et la garde indéfiniment.

Sur la thermo-électricité des aciers. Note de M. WITOLD BRONIEWSKI. — Dans une Note précédente (¹) nous avons pu déterminer, par l'enregistrement photographique, les points critiques du fer électrolytique.

J'ai cru utile d'entreprendre par la même méthode des recherches sur les propriétés thermo-électriques des aciers au carbone, vu que l'étude par points n'y avait donné que des résultats peu concluants (Harrison, 1902 ; Belloc, 1903 ; Picheux, 1909).

Les aciers provenaient des usines Holtzer et avaient la composition suivante (²) :

C.	Mn.	Si.	S.	Ph.
0,07	0,03	indosable	0,013	0,005
0,24	0,03	0,04	0,015	trace
0,44	0.08	0,05	0,016	trace
0,79	0,09	indosable	0,009	0,006
1,12	0,06	0,02	0,022	indosable

L'échauffement se faisait au four à résistance électrique soigneusement bouché avec des tampons d'amiante. Dans les mêmes conditions a été reprise, à titre de comparaison, l'étude du fer électrolytique.

(¹) Cet électro-aimant, destiné au Laboratoire de physique du Muséum, a été obligeamment laissé à notre disposition par M. Jean Becquerel pour la durée de la présente étude.

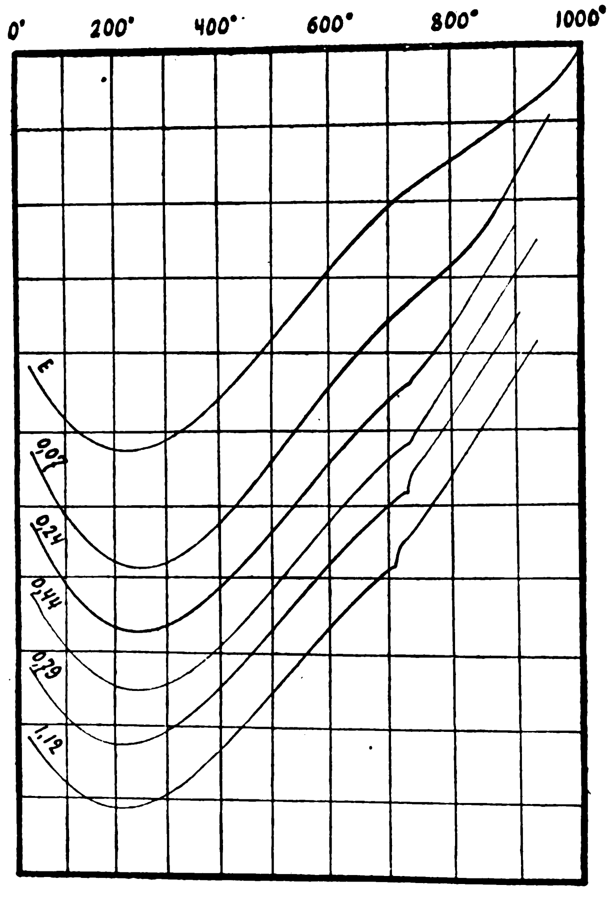
(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 699.

(²) Ces analyses, effectuées aux usines de Dion, ont été mises à ma disposition par M. Portevin.

Les courbes de la force thermo-électrique du fer et des aciers par rapport au cuivre, obtenues pendant l'échauffement, sont reproduites sur la figure suivante, décalées l'une sur l'autre de 1 millivolt.

Nous voyons que les trois points critiques des aciers (a_1, a_2, a_3) peuvent y être remarqués. Pour le fer électrolytique (E), les points a_2 et a_3 se manifestent aux environs de 730° et de 950° par un changement dans la direction de la courbe. Le derniers de ces points n'avait pas été aperçu dans l'étude précédente du fer électrolytique, les courbes de la force thermo-électrique par rapport au cuivre ne dépassant 950° et celles par rapport au platine ayant une sensibilité trop petite.

Dans l'acier extra-doux (0,07 pour 100 de carbone), le premier point critique, observé déjà par M. H. Le Chatelier (1886), conserve sa position aux environs de 750°, alors que le deuxième point descend vers 850°. Dans l'acier à 0,24 pour 100 de carbone, nous voyons apparaître la recalescence (a_1) sur l'emplacement du premier point critique (a_2), ce qui diffère quelque peu des résultats obtenus par la méthode thermique. Le point a_3 apparait faiblement au-dessous de 800°.



Dans les aciers plus riches en carbone (0,44, 0,79 et 1,12 pour 100 de carbone), les points critiques a_2 et a_3 sont confondus avec le point de recalescence, qui se manifeste très nettement par une discontinuité d'environ 140 microvolts sur la courbe de la force thermo-électrique. Cette discontinuité est probablement la cause des courants électriques parasites observés par M. H. Le Chatelier (1904) et par M. Boudouard (1904) aux points critiques des aciers.

Le pouvoir thermo-électrique des aciers au carbone peut être représenté assez exactement entre 0° et 700° par une fonction parabolique.

Pour 100 de carbone.	Pouvoir thermo-électrique
Fer électrolytique.	$15,7 - 0,0780\,t + 0,00066\,t^2$
0,07	$18,1 - 0,0986\,t + 0,00090\,t^2$
0,24	$16,6 - 0,0906\,t + 0,00081\,t^2$
0,44	$14,8 - 0,0812\,t + 0,00012\,t^2$
0,79	$13,4 - 0,0798\,t + 0,00069\,t^2$
1,12	$12,2 - 0,0720\,t + 0,00063\,t^2$

La position du point neutre varie relativement peu avec la teneur en carbone et nous pouvons, en première approximation, représenter le pouvoir thermo-électrique du fer et des aciers au carbone par la formule

$$\frac{dE}{dt} = P_0 (1 - 0,0057\,t + 0,000005\,t^2),$$

où P_0 est le pouvoir thermo-électrique à 0°.

Au-dessus du point a_2 la teneur en carbone influe peu sur le pouvoir thermo-électrique des aciers et nous pouvons le représenter par des formules communes,

entre a_2 et a_3 $\quad \frac{dE}{dt} = -5,9 - 0,0038\,(t - t_2)$ microvolts,

entre a_3 et 1000° $\frac{dE}{dt} = -10,5 - 0,028\,(t - t_3)$ microvolts,

où t_2 et t_3 sont les températures respectives des points critiques a_2 et a_3.

Nous voyons donc que la force thermo-électrique peut donner des indications sur les points critiques des aciers avec autant ou même plus de précision que les autres méthodes employées jusqu'à présent dans ce but.

Séance du 7 juillet 1913.

Électrisation par les rayons X (1), par M. C.-G. Bedreag. — L'électrisation produite par les rayons X est une action complexe qui a donné des résultats contradictoires (2) et variables avec les conditions expérimentales; la figure 1 représente les charges et les vitesses de charges obtenues par l'action d'un faisceau cylindrique de rayons X sur un électrode en laiton, dans un appareil cylindrique en laiton, fermé par une paroi en verre et où l'on peut faire le vide; elle montre comment la charge, négative pour de grandes pressions, est nulle pour une pression faible (fonction de la distance de l'électrode à la paroi antérieure) et devient *positive* dans le vide avancé. Cette action est, en effet, fonction de plusieurs variables (nature du métal de l'électrode, diffé-

(1) *Annales scientifiques de l'Université de Jassy*, 1911.

(2) Hurmuzescu et Benoist, *Comptes rendus*, février 1896. — Righi, *Comptes rendus*, 1896. — Righi, *Il nuovo Cimento*, 1903.

rence de potentiel de contact entre l'électrode et les parois environnantes, ionisation du gaz, rayons secondaires venant des parois, etc).

Je me bornerai ici à l'examen du rôle propre dû au métal; on doit employer un seul métal, opérer dans le vide et dévier l'émission cathodique des parois [1] par un champ magnétique [2].

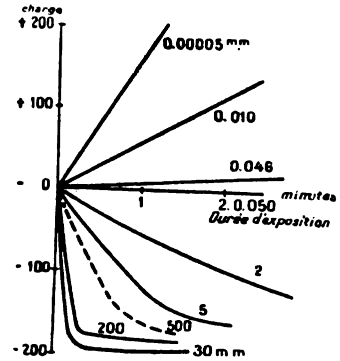


Fig. 1. — Variation de la charge et de la vitesse de charge en fonction de la pression en millimètres de mercure.

Appareil. — Un tube cylindrique en laiton de 12 cm de diamètre, 20 cm de longueur, muni à la partie antérieure d'une tubulure de 4,6 cm de diamètre, 8 m de longueur et fermée par une plaque de verre de 2,5 mm d'épaisseur; tout l'appareil est argenté intérieurement; l'électrode en argent est isolée par de la paraffine et maintenue dans une position invariable par des rondelles en ébonite; sa distance à la paroi antérieure est de 85 mm. La tubulure antérieure peut être placée dans un champ magnétique; le vide a été poussé jusqu'à 0,0001 de mercure.

Expériences. — 1° A la pression atmosphérique, un faisceau *diffus* de rayons X ne produit pas de charge appréciable (0,005-0,006 volt), ce qui constitue une vérification de l'idée de MM. Benoist et Hurmuzescu (*Comptes rendus*, 1896) : il n'y a pas de charge, s'il n'y a pas de différence de potentiel de contact. Un faisceau *cylindrique* de rayons X produit à la pression atmosphérique une charge négative, qui diminue quand la pression diminue progressivement et arrive à devenir nulle.

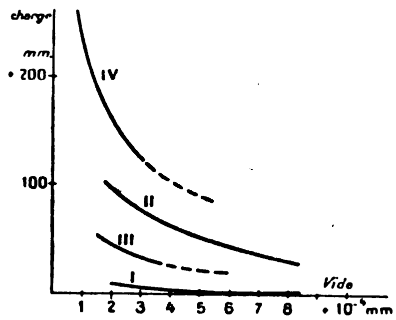


Fig. 2. — Courbe I : faisceau diffus, sans aimant. — Courbe II : faisceau diffus, avec aimant. — Courbe III : faisceau cylindrique, sans aimant. — Courbe IV : faisceau cylindrique, avec aimant.

2° Dans le vide (0,0002 mm), la courbe I de la figure 2 montre qu'un faisceau *diffus* de rayons X ne produit qu'une très faible charge positive; cette charge augmente dès qu'on place la tubulure antérieure de l'appareil dans un champ magnétique (courbe II); elle diminue en l'absence du champ; la diminution de la charge positive est produite par l'afflux de rayons cathodiques venant de la paroi antérieure frappée par les rayons X.

3° Un faisceau *cylindrique* de rayons X produit dans le vide une charge positive (courbe III); cette charge augmente beaucoup quand on place la tubulure dans un champ magnétique (courbe IV); la charge tend vers un maximum quand on fait croître l'intensité du champ. Les différences de potentiel maxima obtenues jusqu'ici sont de l'ordre du volt.

4° A dureté constante des rayons X, les diagrammes expérimentaux montrent, pendant la plus grande partie du trajet, que les charges obtenues sont rigoureusement proportionnelles à la durée d'exposition

$$\frac{dQ}{dt} = +K.$$

Cette constante $+K$, proportionnelle à la section du faisceau, augmente avec le degré de vide; elle varie avec la dureté des rayons X : à partir d'une dureté 2-3 (radiochronomètre de M. Benoist), elle diminue quand la dureté augmente.

En faisant dévier complètement le faisceau cathodique issu de la paroi antérieure, on peut déterminer une valeur de cette constante caractérisant le métal de l'électrode; on a pour l'argent, par exemple,

$$K = C\frac{dV}{dt} = 0,21 \times 10^{-5} \text{ U. E. S.}$$

C est la capacité du système récepteur, V est le potentiel atteint par l'électrode, pour une section du faisceau de 4,5 cm², un vide 0,00015 mm de mercure et une dureté des rayons 4 (radiochr. Benoist).

Sur le magnétisme général du Soleil, par M. Kr. Birkeland. — Nous allons montrer d'abord que l'émission d'ions et d'électrons du Soleil produit, jusqu'à un certain point, une augmentation du magnétisme solaire que la direction du champ existant soit dans le sens de la direction de la Terre ou, comme je l'ai déduit, en sens inverse.

Supposons une sphère magnétique émettant des rayons corpusculaires. Dans les régions avoisinant les pôles, la radiation peut s'échapper vers l'infini en passant assez près des lignes de force magnétiques. Or, pour des rayons dans l'équateur, la force magnétique est normale à l'orbite des corpuscules de rayons et, à moins de certaines conditions, la radiation ne pourra s'échapper vers l'infini. L'analyse mathématique nous donne ce résultat très simple :

Si la radiation électrique émanant de la surface de la sphère dans le plan de son équateur magnétique, et soumise seulement à l'influence magnétique de la sphère, arrive à une distance supérieure à 2,414 fois son rayon, cette radiation ne pourra jamais retourner à la sphère, mais devra aller vers l'infini. Ce résultat est indépendant du moment magnétique de la sphère et de la rigidité magnétique des rayons corpusculaires.

[1] P. Curie et Sagnac, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1013.
[2] E. Dorn, *Abhand. d. naturf. Gesell. zu Halle*, Bd. XXII, 1900, p. 40-42.

Pour qu'une radiation normale sur la surface solaire puisse partir vers l'infini, il faut que

$$\mathfrak{M} < 1,96 \times 10^{22} \mathcal{H}.\rho.$$

Si les rayons s'échappent dans la direction $\theta = \frac{\pi}{2}$, on a

$$\mathfrak{M} < 2,86 \times 10^{22} \mathcal{H}.\rho.$$

Pour les rayons β les plus rigides, émis normalement, nous trouvons $\mathfrak{M}$ moins grand que $0,9 \times 10^{26}$ C. G. S. et, pour les rayons α, $\mathfrak{M}$ moins grand que 8×10^{27}.

Dans ma note (*Comptes rendus*, 24 janvier 1910) j'ai été amener à estimer que $\mathfrak{M}$ pour le Soleil est de l'ordre 10^{28} et que l'aimantation est en sens inverse de celle de la Terre.

$\mathcal{H}.\rho$ doit alors être plus grand que 5×10^5, pour que les rayons normalement émanés puissent s'échapper vers l'infini.

Des recherches approfondies sur les orages magnétiques et les aurores polaires m'ont démontré qu'il doit exister des précipitations de rayons hélio-cathodiques dans la ceinture maximum des aurores, et que, pour ces rayons, $\mathcal{H}.\rho$ est égal à 3 millions C. G. S. environ. A mon avis, ce résultat peut être considéré comme ayant la valeur d'un fait expérimental.

Schuster a trouvé [1] que des faisceaux nettement limités de rayons cathodiques éventuellement émanes du Soleil seront dissipés avant d'arriver à la Terre. J'ai démontré que les objections de l'éminent savant anglais n'infirmaient aucunement mes théories.

D'autre part, si la valeur de l'intensité magnétique solaire, 440 fois celle de la Terre, valeur signalée par Schuster sous certaines hypothèses à examiner [2], était exacte, les rayons hélio-cathodiques devraient avoir le produit $\mathcal{H}.\rho$ supérieur à 10^{12} C. G. S., ce qui diffère énormément de 3.10^6 trouvé par moi.

Admettons cependant ma valeur 10^{28} pour $\mathfrak{M}$ par exemple. Tous les rayons, positifs ou négatifs, pour lesquels le produit $\mathcal{H}.\rho$ est inférieur à 5×10^5 sont obligés ou de revenir sur le Soleil après un certain parcours, ou de filer autour du Soleil près de son équateur, les rayons négatifs dans le sens des aiguilles d'une montre vue d'au-dessus du pôle nord magnétique, les rayons positifs en sens inverse.

Les deux espèces de rayons vont donc, comme nous l'avons dit en commençant, augmenter le magnétisme solaire.

Les expériences que j'ai faites avec un globe-cathode magnétique, dans de grands vases à faire le vide, ont fourni beaucoup d'enseignements précieux sur la manière dont circulent les rayons autour du globe. Si l'aimantation est assez faible, on voit par exemple les rayons suffisamment éloignés du globe se développer richement dans l'équateur magnétique et dessiner des bandes phosphorescentes sur les parois de verre.

[1] Schuster, *The origin of magnetic storms* (*Proc. of Roy. Soc.*, 1911).
[2] Schuster, *Proc. Phys. Soc. London*, 15 avril 1912.

Mais, si l'on augmente l'aimantation, on arrive à un point critique, où subitement les rayons cessent de s'éloigner du globe, mais commencent à circuler autour de celui-ci, en formant un cylindre lumineux pour ainsi dire entourant le globe à une distance qui, conforme à la théorie, a toujours été constatée inférieure à 2,5 fois son rayon. Voir les figures 4 et 5 de ma note (*Comptes rendus*, 21 août 1911). Avec une aimantation du globe encore plus forte, ce cylindre lumineux se transforme en *anneau de Saturne*.

Les figures 4 et 5 mentionnées montrent une belle expérience, où les taches d'éruption électrique comme les taches solaires se rangent en deux bandes parallèles à l'équateur. Si l'on augmente l'aimantation du globe-cathode, ces bandes peuvent se rapprocher de l'équateur. Les taches se rangent tout aussi bien si l'aimantation est produite par une bobine à l'*intérieur* du globe-cathode que si l'on emploie une bobine *extérieure* en forme de tore, concentrique au globe-cathode.

Ceci nous donne l'idée que ce sont les courants circulant *en dehors du Soleil*, à une distance relativement petite, qui jouent un très grand rôle dans le magnétisme solaire et qui constituent sa cause primitive.

Les mouvements en latitude des taches solaires semblent demander pour être expliqués que le magnétisme du Soleil soit variable, avec période undécennale et avec minimum dans les années minimum des taches. Pour plus amples informations sur ces idées, je renvoie à une autre publication [1].

Tâchons maintenant de nous imaginer comment s'aimantera par suite de sa rotation un soleil originairement non magnétique, mais négatif par rapport à l'espace ambiant et émettant des corpuscules positifs et négatifs. On doit admettre que, dans ce cas, les rayons positifs ont généralement une vitesse moindre que les rayons négatifs. Avec une rotation comme celle de notre Soleil, les rayons positifs auront donc vers l'Est une plus grande déviation que les rayons négatifs et, par suite de l'attraction, ils chercheront aussi à retomber sur le Soleil fortement négatif. Les rayons positifs circulent donc en somme de manière à produire une aimantation inverse de celle de la Terre: les rayons négatifs se trouvent à leur tour recourbés par le magnétisme vers l'Ouest et vont, eux aussi, contribuer à la même aimantation.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Commande électrique de navires. — La commande est centralisée sur le pont, à la fois pour les moteurs et les

[1] Birkeland, De l'origine des mondes. *Arch. de Genève*, n° 6, 15 juin 1913.

appareils de manœuvre. La production du courant dans les nouveaux paquebots est assurée par deux turbo-alternateurs de 1500 kilowatts, avec excitatrices directement accouplées. Un groupe auxiliaire de 25 kilowatts sert de réserve et pour l'éclairage de secours. Les condenseurs du type à surface présentent une surface de refroidissement de 280 mètres carrés; les pompes auxiliaires sont actionnées directement par turbines à vapeur. La chambre de chauffe contient 2 batteries de quatre chaudières tubulaires marines, produisant la vapeur à 18,5 kg par centimètre carré. Les chaudières sont réunies à trois cheminées de 2,50 m de diamètre et 22 mètres de hauteur. En arrière des condenseurs se trouvent trois moteurs asynchrones de 750 kilowatts, 24 pôles, 300 tours par unité avec réglage par résistance. Le poids total des machines est de 298,5 tonnes dont 105 tonnes pour les chaudières et 57,5 tonnes pour les alternateurs.

La consommation de charbon est de 0,95 kg par kilowatt effectif.

L'économie réalisée par rapport à l'ancienne commande à vapeur est de 3000 tonnes par an, soit environ 50 000 fr, qui couvrent complètement les dépenses d'amortissement supplémentaires résultant de l'installation électrique. (*El. World*, 30 novembre 1912.) M. A.

Pont roulant électrique avec groupe convertisseur Léonard. — La revue *Die Fördertechnik* donne la description d'un pont roulant livré par les usines Siemens Schuckert pour la Compagnie Skoda à Pilsen. La force du pont est de 60 tonnes; la hauteur de la poutre au-dessus du sol de l'usine est de 8 mètres, la vitesse de translation est de 52 mètres par minute obtenue à l'aide d'un moteur de 30 kilowatts à 650 tours par minute. Le chariot est pourvu d'un treuil de 60 tonnes et d'un treuil auxiliaire de 10 tonnes. La translation du chariot est commandée par un moteur de 18 kilowatts à 550 tours par minute produisant une vitesse de translation de 15 mètres par minute. La vitesse de levage du treuil de 60 tonnes est de 12,50 m à la minute et celle de descente de 60 mètres. Le treuil principal est actionné par deux moteurs à courant continu, excitation compound à pôles auxiliaires, développant chacun 90 kilowatts à 160 tours par minute. Ces deux moteurs attaquent les tambours d'enroulement par l'intermédiaire de trains d'engrenages droits et d'accouplements élastiques. Afin de pouvoir obtenir un réglage très sensible et de débiter de l'énergie sur le réseau à la descente des charges, on a disposé un convertisseur Léonard de 220 kilowatts à 1500 tours par minute. La tension de la dynamo est réglable entre 500 et 1500 volts par un régulateur à action rapide. Le nombre des degrés de vitesses des moteurs de levage est de 22, qu'on obtient en agissant sur la tension de la dynamo du groupe convertisseur ou sur l'excitation des moteurs. Le réglage de la vitesse du moteur auxiliaire, de 55 kilowatts à 1100 tours par minute, est obtenu uniquement par le réglage de la tension de la dynamo. La commande du pont peut avoir lieu à volonté de la cabine du conducteur ou du sol. La même installation a été faite sur un pont de 30 tonnes. (*E. u. M.*, n° 3, 1913.)

Pompe centrifuge d'exhaure de grande puissance. — La Société des mines de Bork, près de Dortmund, possède une installation de pompes d'épuisement intéressante. Le puits, qui atteint une profondeur de 1000 mètres, est soumis à un régime d'eau très variable, qui fut la cause de graves ennuis dès les débuts de l'exploitation. L'installation d'une pompe d'épuisement rotative fut décidée en 1911.

La pompe installée est à 14 degrés de pression, son débit est de 5 mètres cubes par minute sous une hauteur totale de dénivellation de 1000 mètres. La vitesse de rotation est de 1480 tours par minute. Les 14 aubes sont disposées dans deux bâtis, dont le bâtis basse pression en fonte et le bâtis haute-pression en acier coulé. Chaque bâtis est en deux pièces réunies par de forts boulons en acier.

La commande de cette pompe est assurée par un moteur à courant triphasé de 1250 kilowatts avec induit à bagues et dispositif de relevage de balais placé entre les deux pompes et réuni à celles-ci par des accouplements genre Jaeger. Il n'existe pas de plaque de fondation commune. La longueur totale du groupe est de 8,35 m; la hauteur de l'arbre au-dessus des plaques de fondation est de 930 mm et la largeur est de 2,65 m.

Deux groupes identiques au premier furent installés en 1912, de telle sorte que l'installation peut actuellement débiter 10 mètres cubes par minute tout en disposant d'une réserve de 50 pour 100. La sécurité du fonctionnement et la simplicité de service et d'entretien de ces groupes ont permis d'éviter toutes les difficultés rencontrées au début, quel que soit le régime des eaux. (*Z. d. V. D. I.*) M. A.

La commande électrique des cisailles à tôle. — La commande électrique des cisailles à tôle est réalisée par des moteurs compound avec volants, permettant par suite du compoundage une vitesse à vide supérieure de 15 à 20 pour 100 à la vitesse en charge. Un moteur de 55 kilowatts est nécessaire pour cisailler des tôles de 2100 mm de largeur et 10 mm d'épaisseur. Le volant présente l'inconvénient de ne pas permettre l'arrêt d'un coup mal commencé. On préfère employer aujourd'hui de forts moteurs réversibles qui fournissent eux-mêmes sans volant tout le travail du cisaillement et sont arrêtés après chaque coup. Ils sont en général à excitation compound possèdent un couple de démarrage élevé et sont susceptibles de fortes surcharges. Un moteur de 40 kilowatts à 470 t : m est nécessaire pour cisailler des tôles de 15 mm; la puissance nécessaire devient de 103 kilowatts à 360 tours pour des tôles de 50 mm. L'arrêt rapide du moteur est obtenu par le freinage par mise en court-circuit et par l'usage de freins à rubans commandés par des électro-aimants. Les combinateurs de commande sont remplacés pour ces gros moteurs par une commande par contacteurs.

Les machines à plier et à dresser les tôles sont commandées par des moteurs analogues (75 kilowatts, 600 tours pour des tôles de 44 mm; 110 kilowatts, vitesse réglable de 400 à 700 tours pour des plaques de 45 × 3600 mm). La pression des cylindres est réglée à la main ou par un appareil à servo-moteur. Celui-ci doit posséder un réglage très sensible, car il ne fait parfois qu'un tour ou deux. Le moteur principal est commandé d'ordinaire par contacteurs. (*Stahl und Eisen*, n° 7, 1913.) M. A.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Utilisation de machines synchrones. — M. Hagood rappelle les principales conditions de marche en parallèle sur un réseau de machines synchrones, notamment des moteurs synchrones surexcités, à l'aide desquels il est possible d'agir automatiquement sur l'excitation, la tension et le facteur de puissance des alternateurs. L'installation de la compagnie de gaz et électricité d'Utica applique ce système de réglage sur un réseau alimenté par deux stations hydraulico-électriques de 2000 kilowatts, et une réserve à vapeur de 3000 kilowatts. Sans l'emploi de moteurs synchrones, le facteur de puissance varie de 0,65 à 0,71 avec la charge de 8000 kv-a; il en résulte une surcharge de 50 pour 100 pour les alternateurs et une perte en ligne de 28 pour 100. La mise en parallèle de moteurs synchrones élève le facteur de puissance à 0,97 et le rendement de la ligne est amélioré de 13,4 à 20 pour 100.

Le nombre de kilovolts-ampères fournis peut être rendu très voisin du nombre réellement utilisé. Le réglage de la tension est indépendant de la nature de la charge. L'emploi de fortes réactances dans le but de limiter les courants de court-circuit

peut être appliqué à volonté sur les alternateurs ou dans le circuit extérieur. Les types des transformateurs et moteurs d'induction du réseau peuvent être choisis à volonté. La fréquence peut être élevée ; certaines installations ont réalisé des changements de 25 à 60 p:s. Enfin, il est possible d'obtenir l'égalité de la tension des alternateurs avec celle des centres de distribution, de sorte que l'adjonction de régulateurs automatiques de tension aux alternateurs n'est pas nécessaire. (*General Electr. Rev.*. octobre à décembre 1912.)

M. A.

Compensation du déphasage des moteurs d'induction. — Le compensateur de déphasage construit par les usines Brown-Boveri consiste essentiellement en un induit à courant continu sans champ inducteur, actionné par un petit moteur auxiliaire, dont les balais sont réunis aux bagues du moteur à compenser.

Les figures 1 et 2 donnent le schéma d'application à un moteur diphasé. Les conducteurs de l'induit sont placés dans les entailles n de l'anneau de fer et réunis au collecteur sur lequel frottent quatre balais dans le cas d'un moteur diphasé.

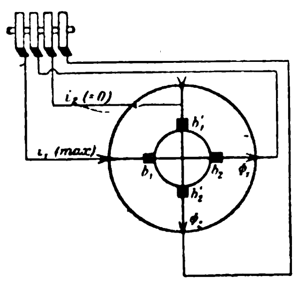


Fig. 1.

Lorsqu'on envoie un courant continu à travers l'induit en utilisant les balais b_1 b_2, ce courant engendre un champ magnétique k qui détermine la production d'une tension entre les balais b'_1 et b'_2. Si à un instant donné le courant entre les balais b_1 et b_2 est maximum, le courant i est nul entre les balais b'_1 et b'_2. La tension entre ces balais est alors maximum par suite de l'intensité maximum du champ engendré par i_1. Le champ engendré par i_2 étant nul, il en est de même de la tension aux balais b_1 b_2'. Rien ne change dans ce mécanisme si l'on remplace le courant continu envoyé dans les balais par du courant alternatif. Le maximum de tension entre deux balais coïncide toujours avec l'instant où le courant s'annule entre ces balais et le minimum de tension avec le maximum de courant, de sorte que le courant et la tension aux bornes de chaque jeu de balais sont décalés de 90 degrés.

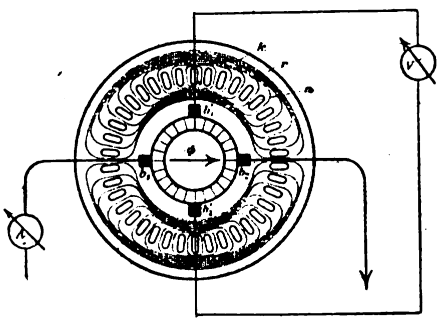


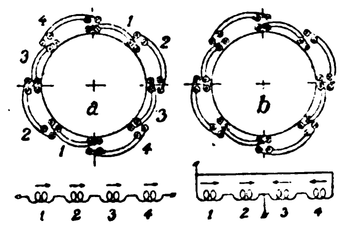
Fig. 2.

La machine ne peut évidemment fournir aucune énergie. L'étude par le calcul montre que la machine doit travailler à forte saturation, ce qui est facilité par l'absence d'entrefer. La meilleure marche est obtenue lorsque la relation $e = k\frac{a}{b}e_b$ est vérifiée. Dans cette formule a représente l'angle des balais, b la largeur des balais, e_b la tension aux balais pour la marche sans étincelles et k une constante.

Si l'on fixe le rapport $\frac{a}{b}$ et la tension e_b, on obtient la tension e pour laquelle l'utilisation de la machine est la meilleure. Cette tension est d'ordinaire de 20 à 25 volts. (*E. T. Z.*, n° 42, 1912.)

M. A.

Moteur à courant alternatif simple à collecteur à nombre de pôles variable. — Un moteur monophasé à collecteur à nombre de pôles variable vient d'être essayé au laboratoire James Watt, à Glasgow. Le stator est divisé en quatre enroulements pouvant être connectés en série pour former 4 pôles (a) ou en parallèle pour former 8 pôles (b) (fig. 1). L'inversion du courant dans les bobines 8 et 4 (connexion b), permet de diviser le stator en deux groupes tels que les courants dans chacune des quatre bobines s'équilibrent. Comparé au moteur à répulsion compensé, le moteur décrit présente un plus grand couple de démarrage, ainsi qu'une construction plus compacte et plus simple. Le moteur série, dont la courbe est moins régulière, possède par contre une capacité de puissance supérieure. Le moteur à nombre de pôles variable ne peut être employé actuellement que pour la traction de petits véhicules.



Lors des essais exécutés, le moteur était accouplé à une dynamo dont l'excitation et le courant d'induit étaient réglables. Le couple était mesuré au moyen d'un bras de levier supportant des poids, attaché au stator. Le moteur essayé, construit par Mavor et Coulson pour développer 7,5 kilowatts à 150 volts, 50 p:s, possédait une vitesse de synchronisme de 900 ou 450 t:m à 4 ou 8 pôles. La marche à 8 pôles était celle d'un moteur à répulsion sans compensation, la marche à 4 pôles celle d'un moteur avec compensation. Le réglage de la vitesse était obtenu en agissant sur la tension aux bornes d'un transformateur d'alimentation, réglable entre 100 et 200 volts. La limite inférieure de la vitesse (8 pôles) fut de 200 tours par minute et la limite supérieure (4 pôles) de 1000 t:m. La puissance fournie par le moteur à cette vitesse variait entre 6 et 9,5 kilowatts. Pour une fréquence supérieure à 25 p:s, ce moteur possède un facteur de puissance plus élevé que celui du moteur série. (*The Electrical Review*, 27 décembre 1912.)

M. A.

Comparaison entre le moteur à courant continu excitation shunt et le moteur d'induction. — L'analogie des deux genres de moteurs est établie point par point en partant des courbes caractéristiques de deux moteurs de 5,5 kilowatts à 220 volts à courant continu excitation shunt et à induction. Le couple, la puissance absorbée et le rendement restent sensiblement les mêmes à toutes charges. Le couple de démarrage du courant triphasé peut cependant être rendu supérieur à celui du moteur shunt par suite de l'introduction de résistances dans le rotor. Le rendement du moteur à induction est légèrement supérieur à celui du moteur continu pour les faibles charges ; l'inverse se produit en cas de surcharge. Le réglage de la vitesse (à champ constant) est plus commode en courant continu ; il peut cependant être obtenu dans des limites voisines avec des moteurs à induction à faible résistance du rotor. Un trop grand affaiblissement du champ des moteurs à courant continu peut provoquer la destruction de l'induit ; ce danger n'existe pas avec les moteurs à induction.

Les poids sont à peu près les mêmes ; pour les puissances supérieures à 7,5 kilowatts les moteurs à courant continu sont en général plus lourds. Le moteur à induction est le moins

cher par suite de l'absence de collecteur, en particulier pour les puissances supérieures à 7,5 kilowatts. (*El. World*, décembre 1913.) M. A.

STATIONS CENTRALES

Dépenses des usines à gaz et des stations centrales électriques. — F. Ross détermine les prix de revient du mètre cube de gaz ou du kilowatt-heure en tenant compte de l'amortissement et de l'intérêt du capital. Dans les conditions normales, ces deux prix sont sensiblement égaux. L'expérience montre que les abonnés donnent la préférence à l'électricité, lorsque le prix de vente du kilowatt-heure reste dans le voisinage de 20 centimes pour la force motrice, et de 30 à 42 centimes pour l'éclairage. Avec ces prix, le facteur de charge de la station centrale électrique doit surpasser largement celui de l'usine à gaz. L'auteur insiste sur le fait que les stations centrales électriques sont plus importantes pour les villes que les usines à gaz et sur l'erreur que l'on commet en cherchant à développer la consommation du gaz dans les cas où l'électricité mérite l'avantage. L'établissement de tarifs favorisant la consommation en force motrice et lumière est à examiner par les administrations communales. (*E. T. Z.*, n° 48, 1912.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

447 552. — **Société internationale d'appareils à magnéto S. A.** — *Appareil électrique actionné à la main et servant à produire de la lumière* (29 juillet 1912).

16 589/447 426. — **Morsaint**. — *Procédé de fabrication des filaments pour lampes électriques à incandescence* (25 août 1912).

16 400/444 562. — **de Spiridonoff.** — *Tulipes pour lampes électriques* (27 août 1912).

449 706. — **Schneider et Cie.** — *Dispositif d'accouplement des moteurs électriques sur les roues d'un véhicule* (29 décembre 1911).

449 784. — **Rottgardt.** — *Procédé pour la production d'oscillations à haute fréquence* (7 octobre 1912).

449 787. — **Louet et Oggero.** — *Appareil à l'usage du téléphone ayant pour but d'isoler l'oreille contre les malpropretés des récepteurs* (10 octobre 1912).

449 789. — **Casanova.** — *Appareil portatif permettant le montage et l'élévation des éléments d'un mât pouvant servir à la télégraphie sans fil* (3 janvier 1912).

449 888. — **Pellin.** — *Récepteur radiotélégraphique* (26 octobre 1912).

449 718. — **Routin.** — *Accouplement électrique* (30 décembre 1911).

449 719. — **Routin.** — *Servo-moteur électrique contrôlé* (30 décembre 1911).

449 821. — **Ljungstrom.** — *Dispositif de refroidissement pour enroulement de magnéto* (24 octobre 1912).

449 858. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Dispositif d'amélioration de la commutation des moteurs monophasés* (25 octobre 1912).

449 708. — **Farnoux.** — *Dispositif de suspension et de protection des conducteurs électriques à haute tension* (29 décembre 1911).

449 751. — **Mowrer.** — *Cheville de contact pour prises de courant ou analogues* (24 octobre 1912).

449 755. — **Young.** — *Appareil pour mélanger des courants électriques* (24 octobre 1912).

449 757. — **Société Automatic Electric Co.** — *Dispositif protecteur de ligne électrique* (29 juillet 1912).

449 859. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnement aux transformateurs de tension en courant continu* (25 octobre 1912).

449 840. — **Compagnie générale radiotélégraphique.** — *Dispositif pour la fermeture et l'ouverture alternatives d'un circuit électrique* (25 octobre 1912).

449 842. — **Société Le Matériel Téléphonique.** — *Perfectionnements dans les relais électriques* (25 octobre 1912).

449 878. — **Carangelo.** — *Commutateur pour groupes de lampes* (26 octobre 1912).

449 895. — **Société E. Picard et Lebas.** — *Bouton interrupteur à épaisseur réduite pour sonneries et autres applications électriques* (26 octobre 1912).

449 225. — **Schmidt.** — *Roulette isolante* (28 octobre 1912).

449 822. — **Marino.** — *Procédé de préparation d'électrolytes destinés à être employés pour le dépôt d'un métal ou d'un alliage métallique* (24 octobre 1912).

449 860. — **Société Helfenstein Electrodengesellschaft m. b. H.** — *Fours à induction* (8 juin 1912).

449 795. — **Compagnie Internationale pour l'exploitation de brevets Lelios.** — *Lampes à incandescence* (19 octobre 1912).

450 124. — **Schaefer.** — *Sourdine pour ligne télégraphique ou téléphonique* (4 novembre 1912).

450 211. — *Combinaison en un seul et même appareil d'un détecteur d'ondes et d'un récepteur téléphonique pour la réception au son des ondes électriques* (7 novembre 1912).

450 219. — **Société dite : Le Matériel Téléphonique.** — *Perfectionnements dans les systèmes d'appel téléphonique et d'intercommunication* (20 juin 1912).

450 254-450 255. — **Société dite : Le Matériel Téléphonique.** *Perfectionnements dans les appareils de commutation pour interconnexion des lignes d'un réseau téléphonique* (24 septembre 1912).

450 050. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Système de commande des moteurs électriques* (20 mai 1912).

450 070. — **Keller-Dorian.** — *Dispositif pour l'obtention de deux courants induits simultanés dans les magnétos à inducteur et induit fixes* (8 janvier 1912).

450 091. — **Ragoen.** — *Dispositif pour le démarrage de moteurs électriques* (31 octobre 1912).

450 175. — **Gratzmuller.** — *Dispositif de freinage, avec récupération d'énergie, au moyen de moteurs monophasés à collecteurs à caractéristique série* (1er novembre 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

75 769. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 522. 25 Septembre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
ALFRED SOULIER 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — L'automobilisme électrique aux Etats-Unis. — Les causes d'incendie des stations centrales électriques. — L'éclairage de la ville de Dresde. — Les installations électriques au Pérou. — L'expédition polaire d'Amundsen et la T.S.F. — Emploi de l'aluminium comme conducteur d'énergie. — La loi américaine sur les trusts et les sociétés de téléphones . . . 415

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Feugarolles. Issoudun. Marseillan. Matton. Saint-Pierre-d'Oléron. . . 418

APERÇU SUR LA COMMANDE DES TRAINS DE LAMINOIR. **A. Lafon et L. Barbillion** . . . 419

LES RÉCENTES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS. **A. Z.** . . . 425

ACCIDENTS DUS A L'ÉLECTRICITÉ. **H. M.** . . . 432

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séance du* 16 *Juillet* 1913. . . . 433

Séance du 21 *Juillet* 1913 : La conduction électrique dans les champs cylindriques sous la pression atmosphérique, par **M. V. Schaffers**. . . . 433

Séance du 28 *Juillet* 1913 : Sur la conservation et l'origine du magnétisme terrestre, par **M. Birkeland**. — Sur l'obtention aisée de températures atteignant 212°, par **G. Claude** 434

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations* : Comparaison entre les installations à courant alternatif avec point neutre isolé ou mis à la terre. Distribution de gaz pour la production de l'énergie. — *Mesures* : Transformateur de tension pour essais. Mesure de l'intensité d'un champ magnétique. Électromètre de grande sensibilité. — *Moteurs électriques* : Sur le développement de la turbine à gaz. *Traction électrique* : Résultats de l'emploi en traction des freins magnétiques sur rails. . . . 436

BREVETS D'INVENTION. . . . 438

INFORMATIONS

L'automobilisme électrique aux États-Unis. — Il y a un peu plus de trois ans que le véhicule électromobile a été introduit à New-York pour le service postal dans des conditions qui donnent à cette entreprise une valeur démonstrative toute particulière; c'est en effet par les soins d'une compagnie privée, concessionnaire des transports, que cette innovation a été réalisée et, de ce fait, sa portée parait mieux caractérisée que s'il s'agissait d'un essai effectué directement par le service public intéressé; la Société en cause, la Motor Delivery Company, a d'ailleurs procédé, dans cette affaire, avec beaucoup de méthode, et, depuis le printemps de 1909, époque de l'inauguration du service électrique, elle n'a cessé de faire relever, de la façon la plus détaillée, toutes ses dépenses, de sorte qu'il lui est possible d'apprécier l'efficacité de ses méthodes avec une sûreté qui fait souvent défaut ailleurs.

Chose remarquable, bien qu'elle fût dirigée par un praticien de la traction animale, la Motor Delivery Company a cru pouvoir immédiatement entreprendre la tâche qu'elle avait assumée, avec des véhicules électromobiles; il lui manquait cependant les perspectives de développement futur qui pourraient, en d'autres cas, influer sur le choix du système à appliquer; son revenu était fixé dès l'abord; rien ne lui permettait d'espérer une augmentation ultérieure de recettes; sa décision, quant au mode de traction à utiliser, ne pouvait donc s'inspirer que d'une seule considération : assurer le service dans les conditions voulues avec le minimum de frais; les parcours étaient fixés, leur nombre également, ainsi que la nature du mouvement; il fallait prévoir une augmentation graduelle du trafic à assurer et disposer de moyens d'action suffisants pour faire face aux coups de feu qui se produisent dans certaines circonstances; aucune espérance possible d'une majoration du dédommagement garanti n'existait; le concessionnaire n'avait pas même la faculté de choisir ses routes, de régler ses départs, de combiner son service pour corriger les difficultés résultant des variations de température, des intempéries, etc.; bien plus, il n'intervenait que comme successeur d'un concessionnaire précédent, dont il reprenait le contrat. L'adoption de l'électromobile en présence de pareilles données est l'une des preuves les plus éclatantes que l'on puisse donner de la confiance qu'ont les industriels américains en la valeur des véhicules électriques. Notons que les rues de New-York, — et spécialement celles qui sont imposées au service électrique postal, — ne sont nullement bonnes, bien au contraire, leur état occasionne une grande usure de bandages et de suspensions.

La Motor Delivery Company a commencé par établir, pour ses voitures, au centre à peu près de ses opérations, un ga-

rage équipé pour recevoir une quarantaine de voitures; ce garage est pour le moment établi dans un bâtiment à un seul étage, que l'on surélèvera si la nécessité s'en fait sentir. Le service est fait au moyen de voitures à accumulateurs de la General Vehicle Company, d'un poids de 500, 1000, 2000 et 3500 kg; 22 machines ont été acquises à l'origine; mais il y en a aujourd'hui 28 en service; les voitures circulent à peu près sans interruption nuit et jour et le service journalier atteint en moyenne 1600 kilomètres, ce qui correspond — en comptant un service de 800 à 1000 kilomètres pour les jours fériés et les dimanches — à un total de 535 à 540000 kilomètres par an et 19000 kilomètres environ par voiture; le service journalier de chaque voiture est de 65 kilomètres approximativement.

Il peut être intéressant de savoir comment est organisé le service; voici à ce sujet quelques renseignements. Le principe fondamental est d'éviter à tout prix les retards, aussi les véhicules, une fois en marche, sont-ils maintenus en fonctionnement aussi longtemps que possible; si un accident survient, demandant ou non une réparation au mécanisme, si un bandage doit être remplacé, un avis téléphonique est donné au garage, mais le véhicule accidenté continue sa route aussi longtemps que possible; une voiture de rechange est envoyée à sa rencontre et ce n'est qu'après l'échange des colis-postaux que la machine dérangée peut être ramenée au garage pour y recevoir les soins voulus; en prévision des secours à envoyer, les voitures en réserve au garage sont toujours tenues sous charge aussi complètement que possible.

Les batteries sont entretenues avec le plus grand soin; ce sont des batteries au plomb; elles sont un peu surchargées généralement, ce qui en réduit quelque peu la durée; elles servent pendant 10 à 11 mois; une fiche est tenue pour chaque opération de charge; elle mentionne le numéro du véhicule, l'heure où la charge a été commencée, la tension et l'intensité, l'heure où la charge a été achevée.

Le service du garage est assuré par un contre-maître, deux ouvriers mécaniciens, un ouvrier de batterie et un assistant, ainsi qu'un suppléant, qui doit pouvoir intervenir dans toutes les opérations. Lorsqu'un véhicule demande une réparation, procès-verbal en est dressé par le conducteur, qui remet ce procès-verbal au contre-maître; celui-ci le vérifie, en atteste l'exactitude et fait exécuter les réparations voulues; on inscrit au compte de chaque véhicule, sur des fiches, la dépense d'énergie qu'il a entraînée et les frais des réparations qui y ont été apportées; les fiches portant ces renseignements indiquent également le parcours mensuel fourni; on y mentionne enfin le prix d'achat; l'amortissement est compté sur la base de 10 pour 100; chaque côté de la fiche est ligné pour six mois et la fiche sert pour une année. Un second relevé est dressé de même pour les batteries et un troisième pour les bandages. Des relevés supplémentaires sont tenus pour le service du garage, les achats, etc.

Le tableau ci-après résume les constatations extraites de la comptabilité pour la seconde année de service :

	VÉHICULE		
	DE 500 KG.	DE 1000 KG.	DE 2000 KG.
Parcours moyen annuel en milles.	14 557	14 269	10 742
Dépenses, par mille, en dollars :			
Pour les bandages.	0,095	0,0172	0,0195
Pour la batterie.	0,0172	0,0528	0,0217
Pour les réparations.	0,0147	0,0151	0,094
Pour les moteurs.	0,0086	0,0089	0,0101

Les dépenses observées ainsi en pratique ont été sensiblement moindres que ne le prévoyaient les constructeurs eux-mêmes. H. M.

Les causes d'incendie des stations centrales électriques. — Parmi les causes d'incendie, on signale :

1° Les filtres d'air des turbo-machines : on devra les mettre dans un local spécial fermé, loin des machines, et munir les prises d'air extérieur de treillis à mailles serrées;

2° Les câbles : ils seront revêtus d'amiante, on disposera sous tubes métalliques les conducteurs d'éclairage; entre les machines et le tableau on emploiera des barres nues;

3° Le tableau : celui-ci sera mis dans un bâtiment séparé de l'usine, ce qui le mettra, au surplus, à l'abri des conséquences d'une rupture de tuyau de vapeur dans l'usine;

4° Les transformateurs : ils seront disposés dans un local séparé; on veillera à la température de l'huile;

5° Les interrupteurs à l'huile : ils devront être l'objet d'une attention spéciale, faire en sorte que le bac soit clos et rempli d'huile; éviter tout ce qui ferait mèche (l'amiante notamment); n'employer que des conducteurs nus au voisinage des appareils à l'huile; naturellement, sectionner le tableau.

L'incendie répand dans l'usine des fumées épaisses; il est bon de prévoir des appareils respiratoires.

On doit préconiser aussi les extincteurs à poudre.

Enfin, il est recommandé de ne pas exagérer la centralisation et de maintenir dans un réseau plusieurs usines.

L'éclairage de la ville de Dresde. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 22 mai). — M. A. Strauss a fait une étude très détaillée de l'éclairage de la ville de Dresde, qui est assuré par des usines municipales électriques et à gaz; il donne dans cette étude un tableau concernant le développement de l'éclairage électrique, depuis 1895, qui montre bien la tendance actuelle, de remplacer les lampes à arc, surtout à charbon ordinaire, par des lampes à filament métallique de grande intensité lumineuse; cette tendance se fait sentir surtout depuis 1909. Dans les rues principales, les lampes à flamme ont été remplacées par des lampes à incandescence de 600 à 1000 bougies; une des raisons qui ont poussé la municipalité était les dangers que couraient les hommes qui remplaçaient les charbons, dans des rues très fréquentées.

En 1895, l'éclairage électrique comportait 11 lampes à arc ordinaire;

En 1899, il y avait 326 de ces lampes et 66 lampes à filament de charbon de 25 bougies;

En 1906, on installa les premières lampes à arc à flamme, il y avait alors 335 lampes à arc ordinaire, 101 lampes à arc à flamme et 51 lampes à incandescence à filament de charbon de 16 bougies et 423 de 25 bougies.

C'est en 1907 qu'on a employé les premières lampes à incandescence à filament métallique, il y en avait 5 de 32 bougies et 8 de 50 bougies.

A la fin de 1912, les lampes à arc ordinaires et les lampes à filament de charbon avaient complètement disparu, l'éclairage comportait :

295 lampes à arc à flamme, et des lampes à filament métallique, dont 124 de 25 bougies, 1 de 32, 546 de 50, 117 de 100, 8 de 200, 13 de 300, 37 de 400, 84 de 600 et 12 de 1000 bougies. F. L.

Les installations électriques au Pérou. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 15 mai). — Il y a au Pérou plusieurs centrales hydraulico-électriques, dont la plus importante, située sur le Rimac, dessert Lima, Callao et les environs. Sa puissance est de 50000 kw. Il y a lieu de citer aussi l'usine de Chavani à Arequipa, d'une puissance de 7000 kw. Dans le même district il y a plusieurs usines de plus de 700 kw.

Il y a au Pérou 26 fleuves importants qui pourraient être aménagés. L'Associated Railway, Light and Power C° a une

sorte de monopole à Lima et Callao; cette société, au capital de 37,5 millions de francs, a des usines à Chosica et Santa Rosa sur le Rimac.

Il y a au Pérou 8 stations de télégraphie sans fil. F. L.

L'expédition polaire d'Amundsen et la télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 15 mai.) — Amundsen emportera dans l'expédition polaire qu'il compte faire l'année prochaine, des appareils de télégraphie sans fil de la Société Telefunken. Ils seront semblables à ceux des navires de la Compagnie de navigation à vapeur de Bergen. Quoique la portée normale de ces postes, d'une puissance de 1,5 kw, ne soit que de 600 km pendant le jour et de 1200 km pendant la nuit, un des navires de la Compagnie de Bergen a pu envoyer des télégrammes à 3200 km et en recevoir de 5000 km.

Il est vrai que les mâts du *Fram* sont un peu moins hauts que ceux des navires de Bergen, mais on compte quand même que, pendant la plus grande partie de son voyage dans les contrées antarctiques, le *Fram* pourra rester en communication avec des stations de télégraphie sans fil. F. L.

Emploi de l'aluminium comme conducteur d'énergie. — Le cuivre a été jusqu'à ces dernières années le seul métal employé comme conducteur d'énergie électrique. Sa notoriété est telle en Europe que beaucoup de personnes le croient encore seul possesseur de toutes les propriétés nécessaires et n'ont même pas la pensée dans un projet d'installation de le mettre en concurrence avec un autre métal. On subit avec résignation les variations invraisemblables du cours de ce métal étranger sans songer que l'on fabrique en France un produit, l'*aluminium*, qui possède toutes les qualités d'un bon conducteur d'électricité et qui est susceptible de remplacer avantageusement le cuivre au point de vue économique.

Il y a longtemps que l'accord des spécialistes est réalisé sur ce point aux États-Unis et que la période d'expérimentation est terminée, si bien qu'au Congrès International qui s'est tenu à Saint-Louis en 1905, un des ingénieurs les plus distingués pouvait déjà déclarer que l'aluminium était entièrement digne de confiance et à la hauteur des garanties voulues. Depuis cette époque, les Sociétés exploitantes qui ont donné la préférence à l'aluminium forment une imposante majorité, et non seulement ce métal constitue aujourd'hui des milliers de kilomètres de lignes de transport d'énergie dans l'Amérique du Nord, mais on le trouve dans les installations les plus importantes comme puissance, longueur et tension, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

	LONGUEUR EN KM.	SECTION EN MM².	TENSION ET ROLE DE LA LIGNE.
Niagara Falls à Buffalo, 1904	33	250	22 000 v.
Shawinigan Falls à Montréal, 1904	137	135	10 fils 30/10.
Colgate Oakland, 1903	232	Sections diverses	De la Standard Electric Cᵉ, à San Francisco.
Farwington River à Hartford	18		
Chemin de fer d'Aurora et Chicago Electra Mission à San Jose et San Francisco	161	260	37 fils 30/10.
Ligne force et éclairage de Manchester (New-Hampshire)	»	460	37 fils 40/10.
Telluride Cᵉ (Provo) (lac Utah)	166	30	7 fils 23/10 (40 000 v).
Ligne Niagara Ontario (1908) (éclairage de 13 villes)	700	95	3000 pylônes distants de 190 m.
Énergie électrique du littoral méditerranéen, 1905-1907	100	107	ligne à 50 000 v, alimentation de Marseille.
— — — 1904	60	105	ligne à 30 000 v, alimentation de Toulon.
Société biterroise de Force et Lumière, 1904	30	40	»
Sud électrique, 1907-1908-1909	60	Sections diverses	
Madison River transmission, à Butte (Montana)	112	»	lignes à 40 000 v.
Société des Lignes électriques (Dauphiné-Centre), 1910	150	85	ligne à 60 000 v, alimentant Saint-Etienne, Roanne, etc.
Société d'électricité de la Vallée du Rhône, 1910	300	de 40 à 35	lignes à 13 500 et 60 000 v.
Eau d'Olle, 1909	80	de 25 à 90	lignes à 250, 6500, 11 000 et 26 000 v.
Société Hydro-electric power Ontario, 1909	480	86 et 104	transport de 30 000 kw, à 110 000 v, portées de 170 m.
Société de la Haute-Durance, 1909	120	130	lignes à 60 000 v, alimentant Marseille et le midi de la France.
Énergie électrique du Nord de la France, 1909	40	Sections diverses	
Cᶦᵉ des Chemins de fer du Midi, 1909-1910	190	»	ligne Bourg-Madame.
Cᶦᵉ du Chemin de fer Nord-Sud, 1910-1911	36	500	courant continu 600.
Cᶦᵉ française Thomson-Houston, 1910	120	130 et 144	
Énergie électrique du Sud-Ouest de la France, 1909	30	65 et 93	lignes à 13 500 et 50 000 v, alimentant Bordeaux.
Gaz de Rennes	25	135 et 250	

Les raisons économiques qui ont fait prévaloir l'aluminium en Amérique, pays gros producteur de cuivre, ne peuvent exister qu'avec plus d'intensité en Europe et particulièrement en France où l'énergie de nos puissantes chutes d'eau et le perfectionnement des procédés mis en jeu permettent depuis longtemps de fabriquer un métal très pur à un prix qui s'abaissera d'autant plus que le marché prendra plus d'importance. — D'autre part, l'expérience acquise dans le montage des lignes d'aluminium permet d'opérer avec toute la sécurité et la précision qu'exige une opération de ce genre.

Substituer l'aluminium au cuivre, ce n'est donc pas simplement faire une bonne opération commerciale, c'est aussi fournir un encouragement à l'industrie électrométallurgique.

Plusieurs maisons françaises n'ont pas craint de faire équiper ainsi une partie de leurs réseaux et les résultats de ces premiers essais ont été si satisfaisants qu'elles ont depuis donné leur préférence à l'aluminium.

Comparaison des poids, sections, diamètre des conducteurs d'aluminium et de cuivre équivalents. — Le poids d'un conducteur de résistance R et de longueur l a pour expression : $p = \rho\delta \times \frac{l^2}{R}$, ρ étant la résistivité et δ le poids spécifique.

Pour deux conducteurs de métaux différents, mais d'égales longueurs et d'égales résistances, le rapport des poids est donc :

$$\frac{p}{p'} = \frac{\rho\delta}{\rho'\delta'} = \frac{\delta}{\delta'} \times \frac{C'}{C}$$

C' et C étant les conductibilités des deux métaux par rapport à celle de l'étalon.

Donc :

$$\frac{\text{Poids de cuivre}}{\text{Poids d'alumin.}} = \frac{8,9}{2,7} \times \frac{58,5}{97,5} = 1,98.$$

Le conducteur d'aluminium ne pèsera donc que la moitié du conducteur de cuivre, à égalité de conductibilité.

Le rapport des sections des deux métaux est évidemment dans le rapport inverse des conductibilités :

$$\frac{\text{Section alumin.}}{\text{Section cuivre}} = \frac{97,5}{58,5} = 1,67.$$

Enfin, on a pour le rapport des diamètres :

$$\frac{\text{Diamètre alumin.}}{\text{Diamètre cuivre}} = \sqrt{1,67} = 1,3 \text{ sensiblement.}$$

Dans les tableaux, connexions de machines, barres omnibus, installations intérieures où la chute de tension est négligeable et où, par contre, la question d'*échauffement* est prépondérante, l'avantage de l'aluminium sur le cuivre est plus marqué encore. Il est facile de voir, en effet, qu'il y aura égalité d'échauffement entre deux conducteurs de diamètre D et D' et de résistance spécifique ρ et ρ' lorsqu'on aura $\frac{D}{D'} = \sqrt[3]{\frac{\rho}{\rho'}}$. Le diamètre D' de l'aluminium équivalent comme échauffement à un fil de cuivre de diamètre D, de section S et de poids P sera donc :

$$D' = D \times 1,187$$

Sa section sera : $S' = S \times 1,408$

Et son poids : $P' = P \times 0,428$

On peut pratiquement adopter les mêmes chiffres pour des barres de section rectangulaire.

Le conducteur d'aluminium pour tableaux, connexions, etc.... ne pèsera donc que les 43/100 ou les 3/7 du poids du conducteur de cuivre. (Sa résistance sera de 18 pour 100 supérieure.)

L'échauffement d'un conducteur d'aluminium n'est que les 0,70 de l'échauffement d'un conducteur de cuivre de même conductibilité parcouru par le même courant.

Élasticité. — Le *coefficient d'allongement*, c'est-à-dire l'allongement en mètre d'un fil de 1 mm² de section et de 1 m de longueur, sous l'effort de 1 kilo, est égal à $\lambda = 0,000\,148$ m pour l'aluminium. Il est égal à 0,000,078 m pour le cuivre.

Le *coefficient d'élasticité*, qui est l'inverse du précédent et qui représente le nombre de kilos nécessaire pour allonger de 1 mm un fil de 1 mm² de section et de 1 m de longueur a pour valeur $E = 6,75$ kg. Il est égal à 13 kg pour le cuivre.

Souplesse. — Un bon métal conducteur doit présenter des qualités de souplesse suffisantes pour répondre à ses divers emplois. C'est ainsi qu'un fil et une barre doivent pouvoir être repliés sur eux-mêmes sans se rompre pour permettre des connexions diverses et qu'un fil de petit diamètre doit pouvoir être enroulé sur lui-même pour servir à l'attache des câbles sur les isolateurs.

On produit actuellement de l'aluminium possédant cette qualité au même degré que le cuivre.

Résistance mécanique. — Le métal tréfilé en fils de 0,1 mm à 4 millimètres de diamètre présente une résistance à la rupture de 13 à 22 kg par mm². Le bronze siliceux tréfilé dans les mêmes conditions présente une résistance à la rupture de 35 à 45 kg par mm².

La limite d'élasticité est d'environ 70 pour 100 de la tension de rupture.

Les règlements administratifs français fixent à 3 le coefficient de sécurité à adopter dans le calcul des ouvrages de distribution d'énergie, ce qui limite à 7,33 kg par mm² le travail de l'aluminium [1]. Il est excessivement facile de réaliser cette condition, quels que soient la portée des lignes aériennes [2], la section des conducteurs et le climat de la région.

Il n'y a pas bien entendu à se préoccuper de cette question de résistance dans le cas des barres omnibus, connexion d'usines, appareillage électrique, enroulement de transformateurs, machines, etc....

Conductibilité électrique. — La conductibilité électrique de l'aluminium pur et de haute conductibilité est égale à 58,5 pour 100 de celle de l'étalon Mathiessen dur, c'est-à-dire à environ 60 pour 100 de celle du bronze siliceux (97,5).

Sa résistance spécifique à 0° C en microhms-centimètres a pour valeur 0,004 environ, de sorte que la résistance à t° C sera :

$$R_t = 2,78\ (1 + 0,004\ t).$$

La résistance d'un fil d'aluminium de 1000 mètres de longueur et de 1 mm² de section est égale à 27,8 ohms à 0° C et à 29,5 ohms à 15° C.

La résistance d'un fil d'aluminium de 1000 mètres de longueur et de 1 mm de diamètre est égale à 35,4 ohms à 0° C et à 37,6 ohms à 15° C. (*Bulletin de l'Aluminium français*).

[1] Les règlements allemands admettent 9 kg : mm² comme limite du travail de l'aluminium.

[2] Les conducteurs d'aluminium peuvent se tendre sur toutes portées : aux Etats-Unis les grandes lignes d'aluminium ont jusqu'à 330 et 400 m de portée normale. Les portées normales des lignes en aluminium à 50000 volts de la Société d'Énergie Electrique du Littoral Méditerranéen sont de 45 m sur potaux en bois et 80 m sur potaux en fer. Les portées de la Société de l'Énergie du Centre atteignent 100 m.

La loi américaine sur les trusts et les sociétés de téléphone. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 15 mai.) — Dans beaucoup de villes américaines, les communications téléphoniques sont assurées par deux ou plusieurs sociétés, et naturellement cela entraine des difficultés, mais la loi contre les trusts interdit le rachat de ces sociétés et leur réunion en une seule. Le gouvernement de l'État du Texas, où cet inconvénient se fait particulièrement sentir, étudie un règlement qui permettra, dans ce cas spécial, de déroger à la loi sur les trusts.

F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Feugarolles (Lot-et-Garonne). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal, dans sa dernière séance, a décidé de remplacer l'éclairage actuel par l'électricité. Toutes les dispositions sont prises par MM. Dulac et Camicas, électriciens au Paravis, en vue d'assurer le bon fonctionnement de ce mode d'éclaiaage.

Issoudun (Indre). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a discuté la question de l'installation de l'éclairage électrique à Issoudun.

Marseillan (Hérault). — *Éclairage.* — Le cahier des charges concernant la fourniture de la lumière électrique, vient d'être approuvé par le préfet.

D'après le contrat, la Compagnie n'a plus qu'un délai maximum de six mois pour fournir la lumière.

Matton (Ardennes). — *Concession nouvelle.* — L'enquête récente, relative à une demande formulée par l'Est électrique, en vue d'une distribution d'énergie, a, paraît-il, soulevé une cinquantaine de protestations.

Saint-Pierre-d'Oléron (Charente-Inférieure). — *Installation.* — Les poteaux de la ligne de la Cotinière sont posés, et dans deux mois cette localité sera éclairée à l'électricité.

Par la suite Dolus, Saint-Trojan, Chéray, Saint-Georges et Saint-Denis seront aussi éclairés.

Une machine de 112 chevaux, qui sera installée sous peu, procurera la force motrice indispensable.

APERÇU

SUR LA

COMMANDE ÉLECTRIQUE DES TRAINS DE LAMINOIRS

Poursuivant la réalisation de progrès chaque jour plus considérables, l'industrie métallurgique ne pouvait ne pas faire appel à l'électricité, alors que, dans les autres domaines de l'activité industrielle, celle-ci s'affirmait aussi sûre collaboratrice.

Même avant la création du matériel électrique robuste et souple qui a donné de si heureux résultats en matière de traction, on songeait à appliquer le moteur électrique à la commande des laminoirs et de leurs accessoires. Ces premiers essais furent infructueux, car les moteurs de construction quelconque employés dès les débuts et même ceux de tramway utilisés par la suite, — le service très dur des trains de laminoirs ayant été trop superficiellement assimilé à celui de la traction, — s'adaptaient mal aux conditions particulières du travail de laminage.

Les moteurs de laminoirs doivent en effet réaliser des conditions de marche (vitesse et puissance) tout à fait particulières, déterminées par le genre de travail à produire. Le simple examen du laminage de l'acier par exemple, de beaucoup le plus important aujourd'hui suffit à s'en convaincre.

I. Quelques considérations sur le laminage de l'acier. — L'acier sous forme de prismes à base carrée (blooms), est porté à une température convenablement élevée et passe à plusieurs reprises entre les cylindres du laminoir, où il se transforme en barres dont le profil est déterminé par la forme des cannelures des cylindres. Pendant ses passages entre les cylindres, la barre s'étire et en même temps s'écrase sous l'action d'une pression parallèle aux plans successifs des axes des cylindres, ce qui l'oblige à épouser en s'y moulant la forme des gorges de ces derniers et donne des profils à angle vif. Cette pression ne doit pas être trop forte, car on obtiendrait des coincements de la barre dans les cannelures et des bavures sur les profilés. L'allure du laminage dépend considérablement du diamètre des cylindres; plus les diamètres sont petits, plus la barre tend à s'étirer et moins elle tend à produire des bourrelets latéraux. D'autre part, et l'expérience le confirme bien, la convexité plus grande des cylindres de petit diamètre produit un étirage plus rapide et permet une plus grande vitesse de la barre. La vitesse périphérique des cylindres de petit diamètre pourra donc être plus élevée; mais on conçoit qu'un minimum de diamètre est imposé, d'une part, par le fait que ces cylindres, devant résister aux mouvements de flexion longitudinaux dus au passage de la barre, doivent avoir un diamètre croissant avec leur longueur; d'autre part, si l'on veut que ces cylindres puissent happer la barre à laminer, il est nécessaire qu'ils aient un diamètre d'autant plus grand que l'épaisseur de la barre est plus considérable. Dans le cas de profils tourmentés, le rapport des diamètres du creux et du sommet d'une cannelure ne doit pas être trop grand, ceci pour empêcher des arrachements de métal.

Comme minimum du diamètre des cylindres, on prend en pratique dix fois l'épaisseur de la barre à son entrée, le coefficient de décroissance ou rapport entre les sections de la barre après et avant son passage dans une cannelure variant de 0,7 à 0,9.

Suivant les profils à obtenir et pour un même diamètre de cylindres, la vitesse peut varier beaucoup. Les profils compacts permettent d'adopter un coefficient de décroissance faible et une faible vitesse, alors que les profils tourmentés à périmètre considérable par rapport à la section exigent un grand coefficient de décroissance et un laminage à grande vitesse, car la barre, ayant une grande surface de rayonnement, se refroidit rapidement.

Classification des trains de laminoirs. — On adopte souvent des *laminoirs duos*, c'est-à-dire formés de deux cylindres superposés, le cylindre inférieur étant actionné par le moteur alors que le supérieur est commandé par l'intermédiaire d'engrenages supportés par un bâti appelé *cage à pigeons*. Tout train de laminoir compte une série de paires de cylindres maintenus entre deux bâtis ou *paires de cages* et une *cage à pigeons*.

Dans les trains duos ordinaires, le mouvement de rotation des cylindres étant continu, il est nécessaire que la barre soit présentée toujours du même côté des cylindres; lorsqu'elle a traversé le laminoir, pour recommencer une nouvelle passe, il faut donc la soulever et l'appuyer sur le cylindre supérieur qui la ramène à l'avant du laminoir.

L'emploi de *laminoirs trios* composés de trois cylindres superposés permet de gagner du temps en évitant cette manœuvre; toutefois on est contraint à une liaison entre les formes des cannelures des trois cylindres; la barre passe d'abord entre le cylindre inférieur et le cylindre médian, puis retourne entre le cylindre médian et le cylindre supérieur. La manœuvre se réduit dans ce cas à soulever la barre de la hauteur du cylindre médian.

Pour le laminage de très gros lingots on préfère supprimer cette manœuvre en utilisant des *trains duos réversibles* dont le sens de rotation change à chaque passage de la barre.

Accessoires des trains. — Un chemin roulant, composé d'une série de rouleaux parallèles dont les génératrices affleurent le plancher, amène les lingots et les barres de forte section entre les cylindres du laminoir. Le ou les moteurs actionnant ces *rouleaux entraîneurs* par l'intermédiaire d'engrenages doivent pouvoir, spécialement dans le cas de laminoirs réversibles, se mettre rapidement en marche (0,5 seconde), et, étant donnée l'importance des masses à mettre en mouvement on conçoit qu'ils doivent développer un couple de démarrage bien

plus élevé que le couple de régime (emploi des moteurs série). Ces moteurs doivent pouvoir inverser très rapidement leur sens de rotation et enfin s'arrêter dans un temps très court. Cette rapidité d'arrêt, aussi importante que celle de la mise en marche, est obtenue avec les moteurs électriques par freinage rhéostatique, en coupant l'arrivée de courant et en faisant débiter les moteurs, fonctionnant momentanément en génératrice, sur des résistances qui les court-circuitent. Ces rouleaux entraîneurs tournent généralement à une vitesse de 50 t: min.

Un autre moteur spécial commande le *ripeur*, constitué par une chaîne sans fin passant entre deux rouleaux et courant parallèlement à l'axe des cylindres. Cette chaîne porte deux doigts qui poussent les barres d'une cannelure à l'autre, et des dispositifs spéciaux permettent de faire basculer ces barres d'un quart de tour suivant leur axe longitudinal, de manière à ce que le laminage agisse alternativement suivant des directions différentes.

Enfin, outre ces deux appareils faisant par le fait partie intégrante du train, un gros laminoir est réuni aux fours à réchauffer et aux cisailles ou scies à chaud par des rouleaux d'amenée à allure accélérée, qui assurent un incessant va-et-vient de blooms et de pièces laminées.

II. Caractéristiques du travail de laminage. — Le travail du laminage est essentiellement variable, en raison de la complexité des facteurs en jeu. L'effort à développer dépend en effet de la température (plus basse aux extrémités), de la masse du lingot à laminer, de la formation

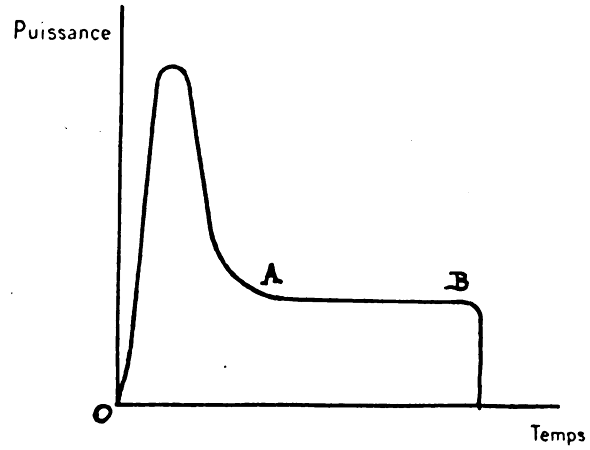


Fig. 1.

possible d'un bourrelet qui va en s'épaississant depuis le commencement jusqu'à la fin de la passe, etc.

Au cours d'un passage de la barre, la courbe des puissances exigées par le train en fonction du temps affecte l'allure du graphique (fig. 1). La portion *AB* qui correspond sur la courbe à une puissance sensiblement constante, dépend de la longueur de la barre.

Pour amener dans le temps t, le lingot de masse M à une vitesse V égale à la vitesse périphérique des cylindres, γ étant l'accélération, il faut fournir un effort :

$$F = M\gamma$$

La puissance correspondante est : $P = M\gamma V$ (courbe OBC, fig. 2).

Le travail dépensé : $W = 1/2 MV^2$ (aire courbe OBC,

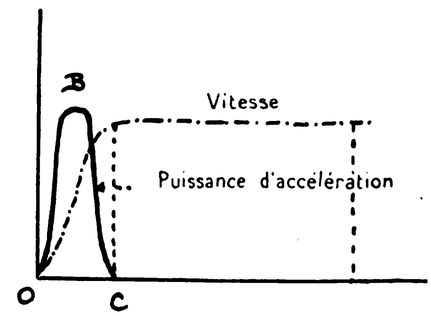


Fig. 2.

fig. 2) (W en kgm, M en kg-masse, V et γ en mètres par seconde et par seconde par seconde).

Cette vitesse V, une fois acquise, est maintenue durant le temps t_2 pendant lequel s'effectue la passe (fig. 2).

Puissance à développer. — Les deux diagrammes (fig. 1 et fig. 2) combinés donnent l'allure de la puissance à développer.

Si P_0 est la puissance nécessaire à la marche à vide du train, la courbe (fig. 3) représente la puissance totale

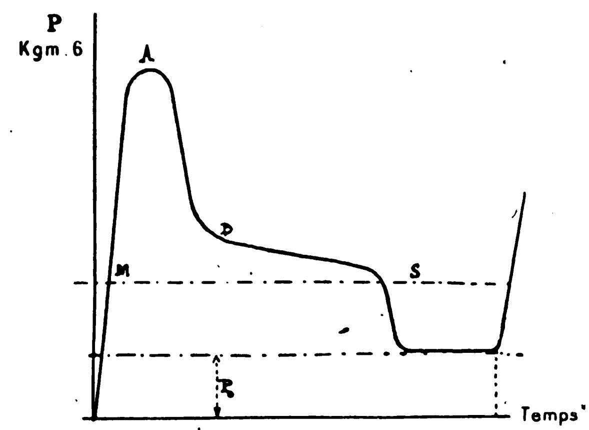


Fig. 3.

absorbée pour le laminage; n passes successives absorberont une puissance représentée diagrammatiquement par une série de n graphiques analogues accolés les uns à la suite des autres. On voit clairement que le moteur devra développer par moments une puissance moyenne P_m, et le problème qui se pose, toutes les fois que l'on a à commander des machines à charges oscillantes, consistera à uniformiser le travail absorbé si l'on veut éviter des moteurs trop puissants, de trop grandes dimensions et d'un mauvais rendement, ainsi que de brusques à-coups à la centrale, fort préjudiciables au bon fonctionnement des autres services. La solution parfaite serait celle qui permettrait le transport du travail correspondant à la surface FABC en CD'O'F' (fig. 3).

Emploi et rôle des volants. — On fait varier la vitesse

du moteur de façon à ce que, lorsque le travail moteur est supérieur au travail résistant, le moteur augmente de vitesse et lance la masse du volant, lui communiquant une quantité d'énergie qui est ensuite restituée au moteur lors de la période inverse.

Travail disponible du volant. — Le volant passant de la vitesse V_1 à la vitesse V_2 le travail disponible W_d est donné par le produit de son énergie totale W_T par le double de la chute relative de vitesse (en admettant que V_1 et V_2 soient peu différents).

On a en effet :

$$W_d = \frac{1}{2} M (V_1^2 - V_2^2)$$

$$W_d = \frac{1}{2} M (V_1 + V_2)(V_1 - V_2)$$

et, alors que V_1 est peu différent de V_2 :

$$W_d = M V_1^2 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2} M V_1^2\right) 2 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right)$$

et comme $\frac{1}{2} M V_1^2 = W_T$, travail total que le volant développerait s'il pouvait s'arrêter, il vient :

$$W_d = W_T \, 2 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right)$$

Étant donné un travail W_d, l'importance à donner au volant dépendra de l'écart $V_1 - V_2$ que l'on pourra tolérer.

La conclusion à tirer de ce qui précède est que, pour uniformiser la puissance absorbée, il faudra que la vitesse du moteur de laminoir varie.

Calcul de ces volants. — M. Reignier (ingénieur à Homécourt) donne pour le calcul des poids de la jante des volants de laminoirs la formule simple suivante qui parait suffisante en pratique (*Technique moderne*, septembre 1910) :

$$P \text{ (tonnes)} = \frac{N \text{ (chevaux)}}{V_{\text{moyen}} \text{ (m : sec.)}} \qquad (1)$$

N représentant la puissance maximum en chevaux et V_{moyen} la vitesse du centre de gravité de la section de la jante. La variation de vitesse de la jante $\Delta V = V_1 - V_2$, la variation de temps $\Delta T = T_1 - T_2$. Le même ingénieur examine quelques laminoirs existants possédant une régularité pratiquement convenable et déduit de ses observations que la moyenne de $\frac{\Delta V}{\Delta T}$ est comprise entre 1 et 2. La formule (1) contient implicitement $\frac{\Delta V}{\Delta T} = 1{,}4715$.

A titre de renseignement nous reproduisons ci-dessous les résultats de ses observations.

DÉSIGNATION DES TRAINS.	PUISSANCE EN CHEVAUX.	VITESSE EN M : SEC.	POIDS DES JANTES EN TONNES.	$\frac{\Delta V}{\Delta T}$.
Tôles	200	18,3	12	1,34
Bidons	135	21	8	1,10
Petits fers	190	25	10,5	1,16
Profilés	450	30,5	18	1,2
Rails	735	30	27	1,34
Rails (18 kg)	1000	32	40	1,15
Rails	1300	31,5	34,5	1,76
Double-duo	700	30,5	31.14	1,09
Trio	695	35	31	0,95
Trio	1500	32,5	41	1,62
Larges plats	1800	30,5	49	1,78
Laminoir à zinc	150	20,6	7,5	1,42

III. Commande des trains de laminoirs. — *Commande par machine à vapeur.* — P_0 représentant la puissance absorbée pour maintenir le train en vitesse à vide, V_1 représente la plus grande vitesse que l'on peut obtenir. Si l'on veut faire restituer au volant un travail W_d, nécessairement il faudra réduire la vitesse à la valeur V_2. A cette vitesse le moteur développe une puissance P_1 plus considérable que P_0 (fig. 4). De l'examen du graphique

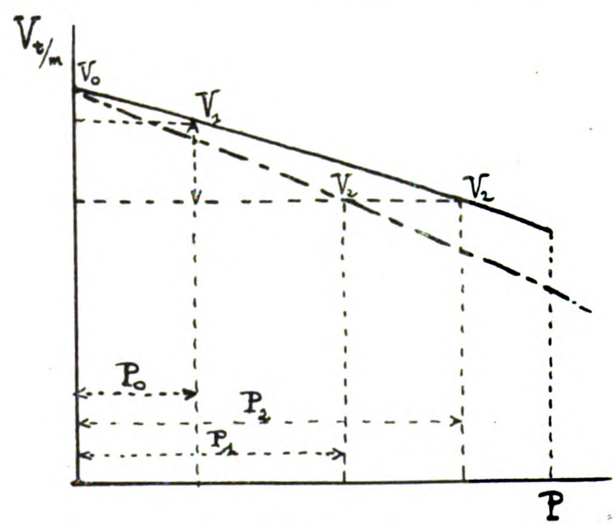


Fig. 4.

(fig. 4) il ressort nettement que, pour un même écart de vitesse $V_1 - V_2$, la variation de puissance sera d'autant plus considérable que la chute de vitesse entre la marche à vide et en pleine charge est faible ($P_2 > P_1$). C'est pour cette raison que les machines à vapeur commandant des laminoirs sont munies de régulateurs permettant des variations de vitesse atteignant 50 pour 100.

Une vitesse minima correspondant à une puissance développée maxima, on ne peut avec une machine à vapeur songer à uniformiser la puissance absorbée; les variations de puissance pourront atteindre 1 à 10 et cela malgré une importante baisse de vitesse. De telles surcharges ne sont possibles dans ce cas que grâce aux chaudières qui, par leur capacité, constituent un accumulateur d'énergie.

Commande par moteur à gaz. — Si dans les machines à

vapeur il est possible, en agissant sur l'admission, de réaliser des écarts de vitesse atteignant 50 pour 100, on ne peut avec les moteurs à gaz modifier que faiblement cette admission si l'on veut que le mélange gazeux reste explosible.

Commande par moteurs électriques. — Alors qu'en cas de surcharge momentanée, on ne peut accroître la puissance de la machine à vapeur que dans une certaine limite, par action sur son degré d'admission (trop chargée elle cale), le moteur électrique peut, automatiquement, pour résister à des à-coups, fournir une puissance instantanée presque illimitée, puisque seul un échauffement excessif peut amener la destruction de ses enroulements.

D'aucuns ont vu dans cette particularité un argument décisif contre la commande électrique des trains de laminoirs; d'autres, au contraire, et avec raison semble-t-il, un avantage, du moment qu'il est possible d'obtenir d'un moteur de puissance bien définie un couple momentané énorme; l'emploi judicieux d'un disjoncteur automatique à maximum à déclenchement retardé et réglable, réduisant à néant l'hypothèse d'une destruction possible des enroulements du moteur.

En courant continu, les moteurs shunt et série sont *à priori* à rejeter par suite de la forme de leurs caractéristiques électromécaniques $N(I_a)$: avec moteur série, emballement aux faibles charges; avec moteur shunt, chute de vitesse insuffisante (rarement supérieure à 5 pour 100), et les variations très grandes et instantanées de la charge ne permettant pas l'emploi de régulateurs automatiques de champ; quant aux moteurs compound, ils peuvent être aisément construits de manière à admettre en toute sécurité une grande variation de vitesse. Ce seraient donc les moteurs à courant continu les plus indiqués pour la commande des laminoirs.

La figure 5 montre que, dans ces moteurs comme dans les précédents, la puissance instantanée qu'ils fournissent est absolument liée au ralentissement. On ne pourra donc pas, dans les environs de la pleine charge, obtenir de ralentissement tant soit peu important sans risquer de brûler le moteur ou de faire déclencher le disjoncteur, ce qui provoque un arrêt total. Pour parer à de telles éventualités, on a été conduit, au début de l'application des moteurs à la commande des trains, à prévoir des unités d'une puissance nominale bien supérieure à celle des machines à vapeur qu'ils étaient destinés à remplacer. Il est en effet de toute nécessité que la charge moyenne du moteur soit bien inférieure à sa puissance normale. La courbe $N(P)$ (fig. 5), extraite d'une notice de la Société Westinghouse, montre clairement qu'à la charge normale de 500 chevaux du moteur compound ordinaire considéré, la vitesse réalisée est 80 t : min.; la vitesse minima acceptable étant de 75 t : min. il résulte qu'à cette charge les 4/5 de l'écart total de vitesse ont déjà été réalisés. Si l'on veut se ménager à la pleine charge un ralentissement de seulement 10 pour 100, il faudra que la charge moyenne du moteur de 500 chevaux ne soit pas supérieure à 350 chevaux, ce qui correspond à une fort mauvaise utilisation du matériel.

Nécessité d'augmenter le poids du volant. — Cette nécessité résulte de ce que la vitesse maxima correspondant à la marche à vide du train ne peut pas être obtenue pendant le travail. Nous avons vu, en effet, que la puissance fournie par le moteur diminue rapidement lorsque la vitesse s'élève. Le relèvement complet de la vitesse est donc très long et, en cours du travail, il ne se produira jamais d'arrêts suffisants pour qu'on puisse espérer le réaliser; la vitesse du moteur et par suite celle du volant ne s'élèveront donc guère au-dessus de celle correspondant à la charge moyenne. C'est donc cette vitesse

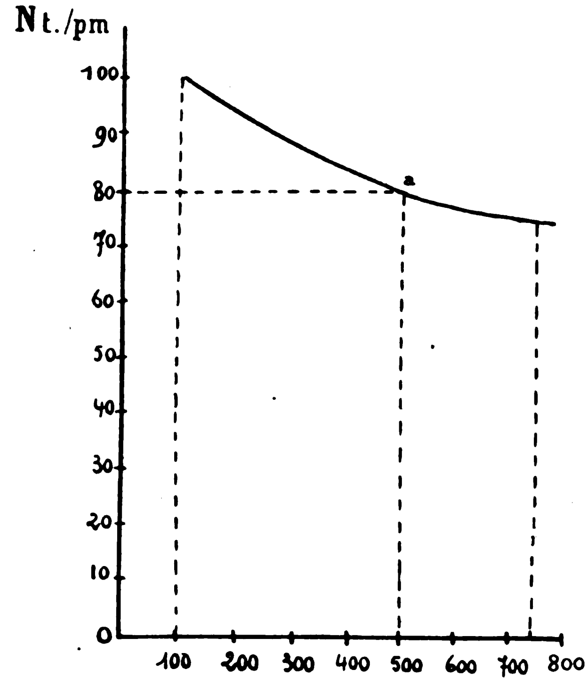


Fig. 5.

réduite qui entrera en ligne de compte dans le calcul de la masse du volant, alors que sa résistance sera calculée en prenant la vitesse à vide du laminoir (bien supérieure).

Dans le cas d'un moteur compound ordinaire, en supposant que la variation de vitesse maxima admise soit de 25 pour 100 (cas de la courbe fig. 5), on peut estimer que la plus grande vitesse possible en cours de laminage, c'est-à-dire celle correspondant à la charge moyenne, correspondra en pratique à un ralentissement d'au moins 15 pour 100, et le poids du volant devra être plus du double de celui qui serait nécessaire si la vitesse maxima pouvait être obtenue normalement.

De plus le graphique (fig. 5) montre qu'à partir d'une certaine puissance, 500 chevaux dans ce cas, la vitesse tend à devenir constante, ce qui a pour effet de rendre nulle la puissance fournie par le volant au moment même où la puissance demandée est maximum; le moteur doit alors fournir la totalité de la puissance. Cette conséquence devient particulièrement dangereuse dans le cas de laminage

de barres longues, car alors l'intervalle entre deux passes devient trop faible pour que la vitesse du moteur puisse se relever, et le moteur continue à se mouvoir à une vitesse constante. Si, à ce moment, on venait à engager une nouvelle barre, il se produirait une augmentation brusque du courant absorbé et le disjoncteur sauterait. Dans le cas d'un train commandé par moteur compound ordinaire, il conviendra de prendre, comme puissance devant servir de base au calcul du moteur, la puissance absorbée par le laminage des barres les plus longues.

Il semblerait bien possible de permettre à la vitesse du moteur de se relever dès que la puissance tomberait audessous d'une certaine valeur, par l'emploi de contacts automatiques qui couperaient à ce moment l'excitation série, mais nous ne croyons pas que de semblables appareils soient en service, car, par le fait qu'ils exigeraient des contacts de grande section (forts courants), on aurait à compter sur leur inertie.

Moyens de faire varier la vitesse des moteurs. — On ne pouvait, dans le cas des moteurs de laminoirs, songer à un réglage de la vitesse uniquement par régulation rhéostatique de la tension aux bornes, car la puissance d'un moteur électrique variant en raison directe de sa tension d'alimentation, la puissance fournie par le moteur diminuerait avec la vitesse. Or c'est précisément aux instants où la vitesse est minimum que la puissance à fournir doit être maximum.

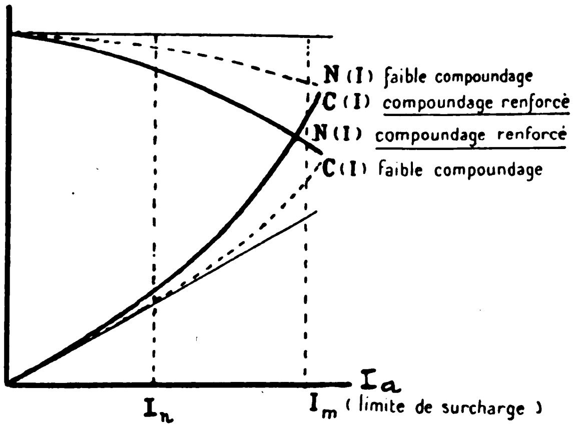


Fig. 6.

Un autre système de régulation consisterait à agir, dans de grandes limites, sur l'excitation shunt des moteurs par inversion ou retrait des résistances du rhéostat de champ, celui-ci étant commandé par un régulateur mécanique. Il n'existe pas à notre connaissance d'application de ce système à la commande des laminoirs, la principale difficulté à vaincre, dans ce cas, semblant tenir surtout à ce que les variations de charge sont presque instantanées.

Si l'on remarque que le fonctionnement du moteur étant seulement limité par l'intensité I_{max} de surcharge, pour une même surintensité, la chute de vitesse, donc la part de puissance fournie par le volant, est d'autant plus grande que le compoundage est plus important et que, d'autre part, pour une même surintensité, si l'on renforce le compoundage, on augmente le couple moteur (graphiques fig. 6), on aura trouvé la voie dans laquelle les grandes firmes de construction ont cherché la solution du problème de la commande électrique des trains de laminoirs.

A. Moteurs compound a excitation spéciale. — Dans un moteur compound à flux totalisés, l'excitation série travaille de manière à faire baisser, plus qu'avec le seul enroulement shunt la vitesse avec la charge, la vitesse limite la plus basse que l'on puisse obtenir étant celle qui correspond à la saturation du circuit magnétique. Dans le cas de la figure 7 par exemple, l'écart des vitesses pourrait atteindre au maximum la valeur *e*.

La puissance nominale du moteur compound ordinaire examiné (courbe 1) étant représentée par P, et P_0 désignant la puissance nécessaire à la marche à vide du train, la variation de vitesse maxima que l'on pourra obtenir sera e_1 (avec $e_1 < e$), l'obtention de e supposant et la réalisation de la vitesse limite E, et le transport vers la droite du diagramme AS d'une quantité $AB = P_0$. Cette dernière condition peut se réaliser à l'aide d'un dispositif automatique, ne laissant agir l'excitation série du moteur qu'à partir de la puissance P_0 (courbe 2).

Ce sont des dispositifs de ce genre, de type particulier à chaque maison de construction, qui ont été brevetés sous le nom d'*égalisateurs de puissance* ou *d'amortisseurs d'à-coups*.

a. *Solution de la Compagnie Internationale d'Electricité (Liege)*. — Le dispositif qu'a fait breveter cette société est schématiquement représenté par la figure 8.

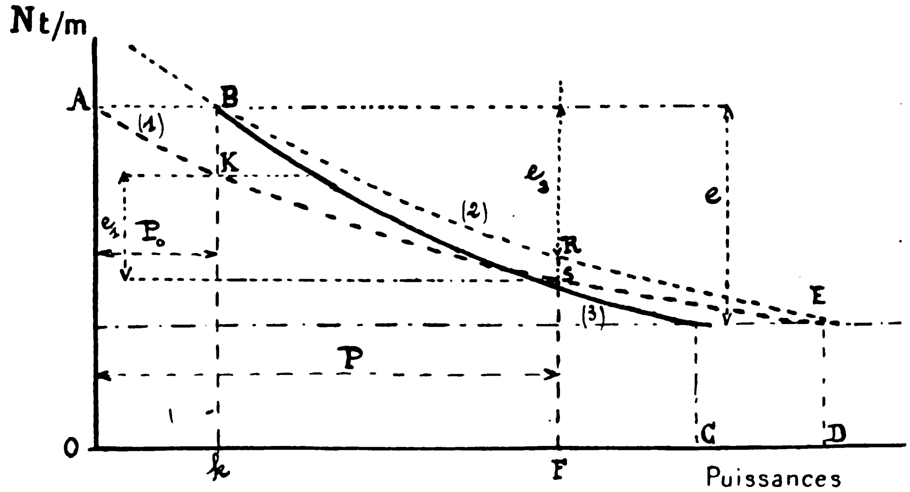


Fig. 7.

Aux extrémités de l'enroulement série S du moteur compound M_L est connectée une petite dynamo E dite *égalisateur de puissance* munie d'une excitation différentielle. Cette excitation comprend deux enroulements, l'un à gros fil S_1 dérivé aux bornes d'une résistance réglable R traversée par le courant principal, l'autre à fil fin S alimenté indépendamment. La résistance R est

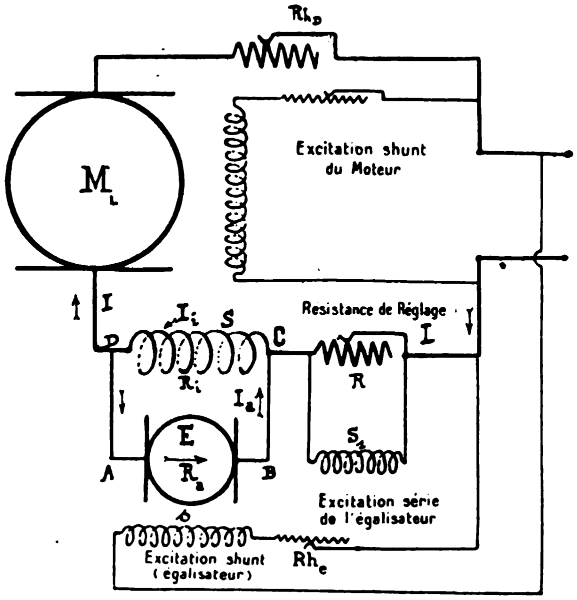


Fig. 8.

réglée de façon à ce que, lors de la marche à vide du train, tout le courant du moteur passe par l'égalisateur E, de manière que l'enroulement série S du moteur reste inactif. A mesure que la charge croît, l'excitation série augmente, mais plus rapidement que le courant, ce qui fait que la courbe des vitesses $N(I_a)$ baisse plus rapidement que dans le cas d'un moteur compound à flux additionnels ordinaire.

Etude théorique du système. — Étudions d'abord la répartition des courants quand l'induit du moteur absorbe le courant I et que, pour une cause quelconque, la dynamo compoundeuse fournit une force électro-motrice E.

Dans le circuit ABCD (fig. 8) on a (2me loi de Kirchoff) :

$$E = R_i + R_a I_a\,;$$

au sommet C on a : $I_i = I + I_a$

d'où $I_a = I_i - I,$

et $E = R_i I_i + R_a I_i - R_a I$

d'où l'on tire : $I_i = \dfrac{E + R_a I}{R_i + R_a}.$

Cette dernière relation nous montre que I_i dépend à la fois de I et de E. Dans le cas où $E = -R_a I$, l'on a $I = 0$.

Ceci posé, il est facile de se rendre compte de ce qui se passe. Si E est positive, d'après notre précédente convention de signe, il se produit dans l'inducteur du moteur un courant i qui augmente le courant inducteur I_i, d'où $I_i > I$ (mais I_i n'est pas la somme $I + i$) (schéma a).

Si E est négative, elle produit dans l'inducteur S un courant i qui donne le courant (schéma b) : $I_i < I$.

Si même $E = R_a I$, la force électro-motrice produit

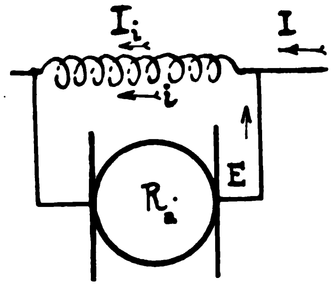


Schéma *a*.

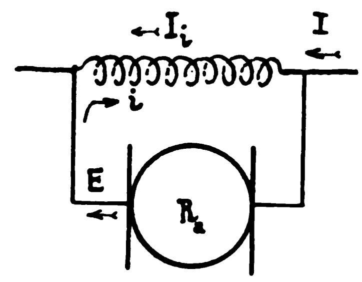


Schéma *b*.

une succion (comme dans les feeders de retour en traction) et la tension aux bornes est nulle, donc à ce moment aucun courant ne passe dans l'inducteur série du moteur, le courant étant tout entier dérivé par l'induit de la compoundeuse E.

Étude graphique du fonctionnement. — L'égalisateur comportant deux excitations pouvant s'opposer, il faudra envisager deux catégories d'ampères-tours.

$$\text{AT shunt} = \text{constante} \quad \text{et} \quad \text{AT série} = \alpha I,$$

le coefficient α pouvant être à volonté réglé par la modification de la résistance de réglage R. Dans tout ce qui

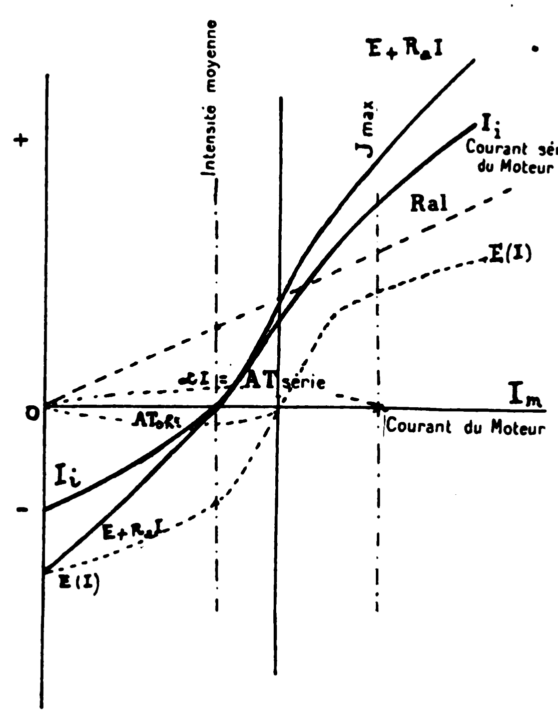


Fig. 9.

suit, et dans un but de simplification, nous supposerons la vitesse constante.

Représentons à une certaine échelle le graphique $E(I)$ (fig. 9). Construisons également $I_i(I)$.

$$I_i = \frac{E + R_a I}{R_a + R_i} \qquad (1)$$

La courbe $E + R_a I$ nous donne à l'échelle adoptée la valeur de I_i, courant d'excitation série du moteur, qui peut être réglé, comme on le voit, en modifiant R_a résistance du circuit induit de la compoundeuse. Si l'on augmente R_a, par exemple par adjonction d'une résistance appropriée, on augmente la valeur de I_i, car l'on ajoute davantage au numérateur du rapport (1) qu'à son dénominateur, d'où premier réglage.

Un deuxième réglage consistera à modifier l'excitation série de la compoundeuse par variation de la résistance de réglage R. Ces deux dispositifs permettront de réaliser telle condition de marche que l'on voudra.

(*A suivre.*) A. LAFON et L. BARBILLION.

LES

RÉCENTES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

DES

CHEMINS DE FER FRANÇAIS

Une des premières applications de la traction électrique des chemins de fer sur un grand parcours est sans contredit celle que vient de faire la Compagnie des chemins de fer du Midi, dont nous avons souvent parlé ici-même [1]. D'autre part, dans un délai assez rapproché la partie de la banlieue parisienne desservie par les chemins de fer de l'Etat sera à son tour électrifiée en utilisant des voitures motrices actuellement à l'essai. Il n'est donc pas sans intérêt de présenter ici les divers types de machines employés et de les comparer.

Tout d'abord sur les chemins de fer du Midi, où l'on a adopté le courant alternatif simple à 12 000 volts et 16 p : s les locomotives actuellement en service sont celles : 1° des ateliers du Nord et de l'Est, décrite en détail dernièrement ici-même [2]; 2° celle de la Compagnie Française Thomson-Houston et 3° celle de la Société Westinghouse. Des voitures automotrices font d'autre part le service des lignes à trafic peu intense.

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 464 du 25 avril 1911 p. 188.
(2) Voy. l'*Industrie électrique*, n° 512 du 25 avril 1913, p. 173.

LOCOMOTIVE DE LA COMPAGNIE THOMSOM-HOUSTON. — Le problème posé par la Compagnie du Midi exigeait du matériel, et en particulier des moteurs, une puissance très grande et une place proportionnellement étendue, dont on ne peut disposer qu'au-dessus du châssis de la locomotive.

Leur mode de commande pouvait encore faire l'objet de diverses solutions :

L'emploi des engrenages en offrait une qui n'était pas sans intérêt, mais pas non plus sans aléa, étant donnée la grande puissance à transmettre, à une vitesse périphique qui dépassait les limites dont on avait l'expérience. Aussi la Cie Thomson-Houston préféré la solution par bielles et manivelles, déjà consacrée par l'expérience même des compagnies de chemin de fer.

Pour l'utiliser dans les meilleures conditions, on a incliné les bielles autant qu'il était possible. Et pour tenir compte des déplacements relatifs qui se produisent, sans pour cela recourir à un entraînement élastique, on a adopté les dispositions qu'on peut voir représentées (fig. 1).

Directement au-dessus du châssis et au milieu de celui-ci sont placés les moteurs; le transformateur, situé au voisinage, est équilibré par une répartition des appareils étudiée pour charger uniformément les essieux.

La hauteur du centre de gravité est de même ordre que dans les meilleures locomotives à vapeur, et, grâce à la répartition des appareils en général et à la position des moteurs en particulier, toutes conditions favorables aux qualités de marche de la locomotive aux grandes vitesses et à la diminution de la fatigue des voies, le moment d'inertie est exceptionnellement faible, par rapport à l'axe transversal. Il résulte en outre des dispositions adoptées, non seulement une égale répartition des

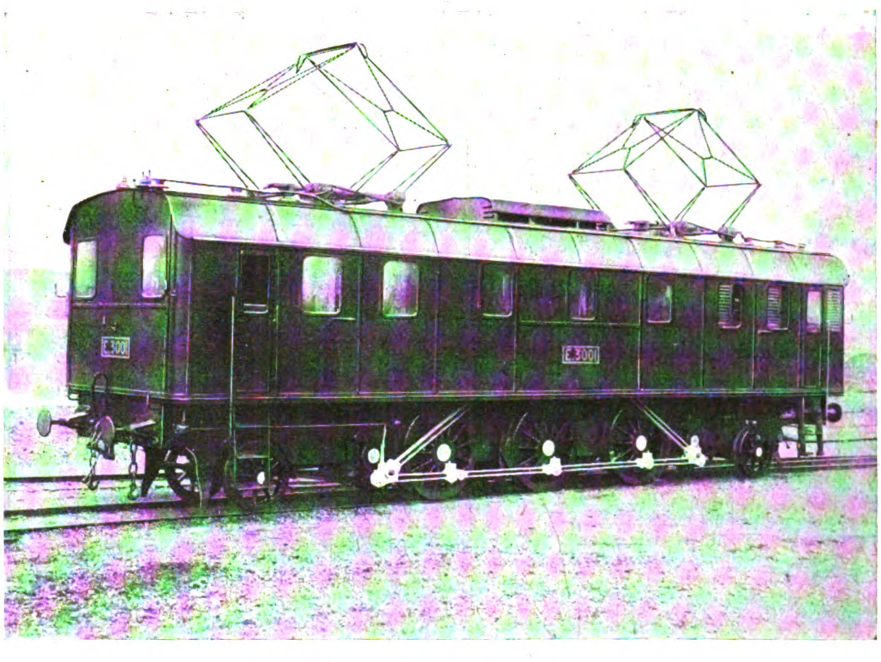


Fig. 1. — Vue d'ensemble de la locomotive Thomson-Houston.

charges sur les essieux, mais aussi un groupement rationnel qui facilite le montage des appareils et réduit leurs connexions au minimum.

Partie électrique. — La Compagnie Thomson Houston a écarté l'emploi des moteurs à 12000 volts, qui ne se prêtaient pas bien à la réalisation du programme. Il devient avec eux nécessaire de transmettre en grande partie par induction statique l'énergie du stator au rotor. Ils se prêtent mal aux vitesses hypersynchrones, qui sont nécessaires ici pour réduire le poids du moteur et assurer un bon facteur de puissance. Il était donc préférable d'adjoindre aux moteurs un transformateur, qui s'adapte particulièrement bien aux réglages de marche, ainsi qu'on le verra plus loin.

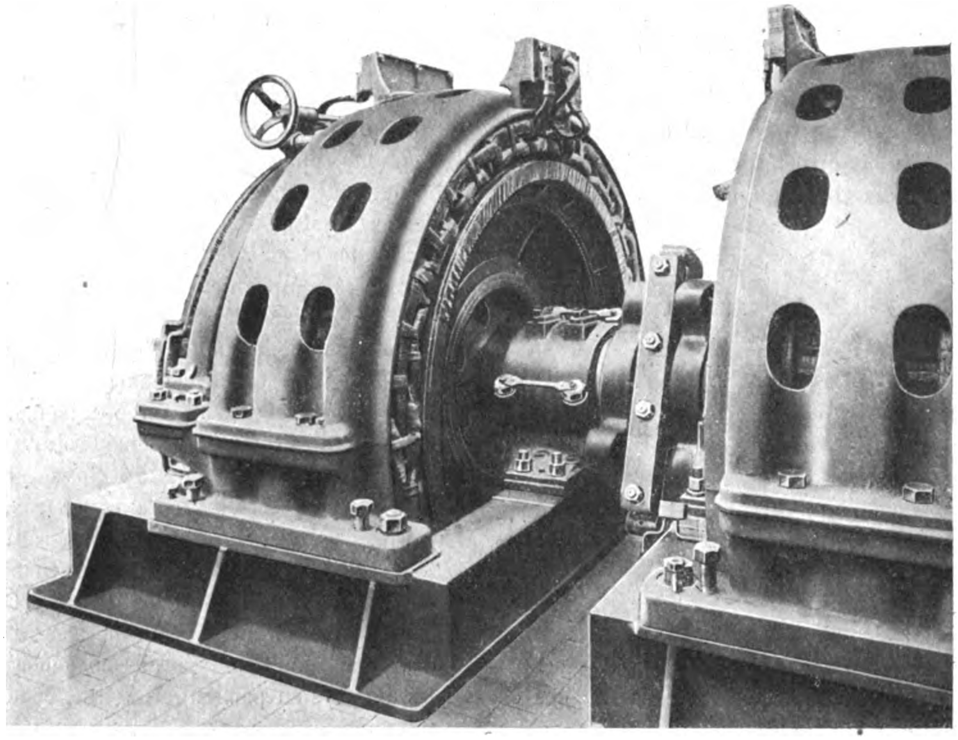


Fig. 2. — Moteurs de la locomotive, vue prise aux ateliers Thomson-Houston.

Les moteurs ont été étudiés de manière à permettre de réaliser à la fois les deux conditions suivantes :

a. Démarrer avec un couple puissant et une commutation satisfaisante.

b. Maintenir une bonne commutation à des régimes de valeur très différents.

La bonne commutation dépend surtout de l'importance de la force électromotrice induite dans les spires en court-circuit sous les balais, et au démarrage cette f. é. m. se réduit à celle induite statiquement par le flux inducteur.

Pour assurer une bonne commutation au démarrage, on a donc augmenté le nombre de pôles de manière à limiter le flux maximum par pôle; en outre, des dispositions ont été adoptées en vue de réduire la valeur maximum de ce flux au moment du démarrage.

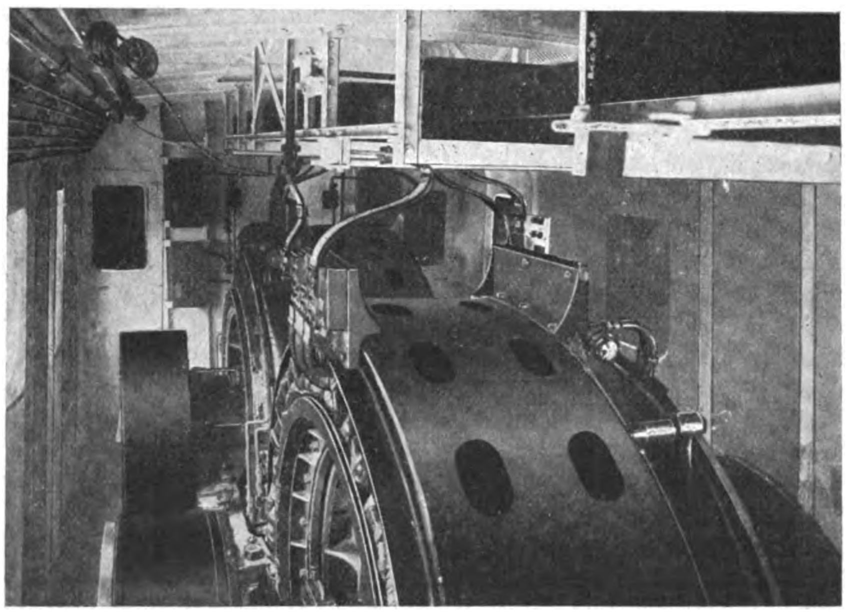


Fig. 3. — Moteurs montés sur la locomotive.

Ces dispositions consistent à faire démarrer les moteurs en répulsion avec un rapport de transformation d'environ 1 à 2 entre le stator et le rotor. Puis, une fois la valeur de synchronisme dépassée, à les faire fonctionner en moteurs dits « série-répulsion », c'est-à-dire avec le circuit inducteur en série sur le rotor et avec l'établissement aux bornes du circuit de compensation d'une force électromotrice qui détermine dans ce circuit un flux de commutation de valeur et de phase convenables pour assurer la bonne commutation aux valeurs notablement supérieures au synchronisme.

En choisissant convenablement la valeur de cette force électromotrice (laquelle est simplement empruntée à une partie de l'enroulement secondaire du transformateur), on peut compenser à peu près exactement la force électromotrice statique induite dans les bobines en court-circuit par le flux inducteur, au moyen d'une force électromotrice dynamique induite dans ces mêmes bobines par le flux de commutation.

Les moteurs de la locomotive décrite (fig. 2 et 3) possèdent 20 pôles, le synchronisme est atteint pour une valeur de rotation de 100 t:min., correspondant à une vitesse de 25 km à l'heure.

Néanmoins, grâce à la disposition indiquée ci-dessus, des conditions d'excellente commutation ont pu être réalisées jusqu'à la valeur maximum fixée pour la vitesse, qui est voisine de 78 km-h et dépasse par conséquent le triple de la vitesse de synchronisme.

Caractéristiques mécaniques :

Diamètre des roues motrices	1,31 m
Diamètre des roues porteuses.	0,85
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1,95 m
Empattement total.	9,60
Longueur entre tampons.	13,74

Caractéristiques électriques. — Le courant à 12000 v est pris à la ligne de contact à l'aide de deux pantographes, dont un seul en service. Ces pantographes sont maintenus constamment levés à l'aide de ressorts et peuvent être abaissés à l'aide de l'air comprimé dont dispose la voiture pour ses freins.

Les moteurs sont susceptibles de développer chacun une puissance de 440 kilowatts d'une façon continue et 550 kilowatts pendant une heure. Ils fonctionnent tantôt comme moteurs à répulsion, tantôt comme moteurs série-répulsion.

Moteurs. — La plus essentielle de leurs caractéristiques électriques, au point de vue construction et connexions est la composition de leur système inducteur.

Les induits sont simplement bobinés en tambour, tandis que les inducteurs de chaque moteur portent deux enroulements destinés à produire des flux décalés de 90° l'un par rapport à l'autre. L'un produit le couple moteur (c'est l'enroulement d'excitation proprement dit ou enroulement principal : l'autre assure la bonne commutation dans toutes les conditions de marche du moteur.

Commandes électriques. — Toutes les commandes du secondaire se font (sauf une exception pour le commutateur répulsion-série-répulsion) par des contacteurs du genre de ceux utilisés sur le métropolitain, ces appareils réalisent la mise en marche, l'accélération, le freinage; exigent des manœuvres que le combinateur commande et que les contacteurs exécutent.

La mise en marche, l'accélération ou le ralentissement sont réalisés par les sept contacteurs qui s'identifient

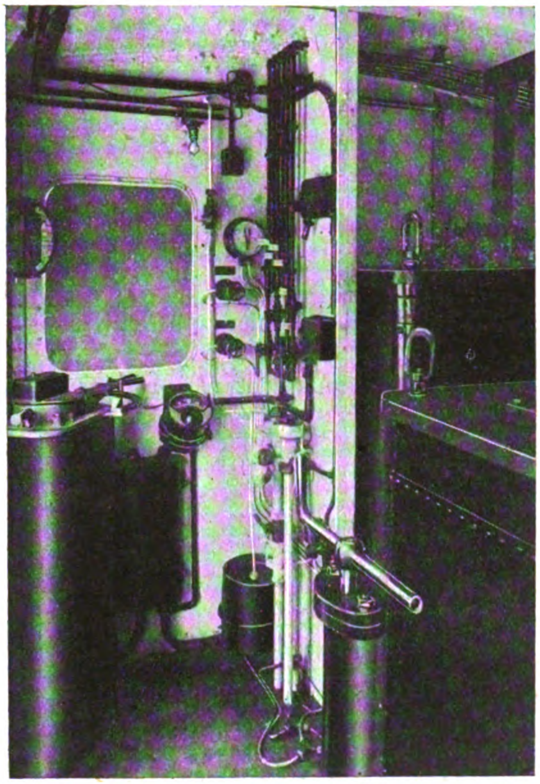


Fig. 4. — Vue d'un des postes de manœuvre de la locomotive Thomson-Houston.

exactement dans leur action aux contacteurs rhéostatiques; mais ils commandent, au lieu de rhéostats, les sections du secondaire du transformateur.

La figure 4 donne une vue de l'un des postes de manœuvre.

Locomotive westinghouse. — Cette machine comporte deux moteurs attaquant chacun un double train d'engrenages droits qui commandent ensemble de chaque côté du châssis une bielle motrice solidaire (fig. 6 de la bielle d'accouplement des trois essieux principaux.

Au point de vue électrique cette machine est caractérisée par le fait que chaque moteur possède son équipement complet au lieu d'être alimenté par un transformateur unique.

La mise en marche se fait au moyen de contacteurs électro-pneumatiques du type Westinghouse dont la commande est assurée par un circuit à basse tension.

Les transformateurs ont leur secondaire divisé (fig. 5) en sections dont les contacteurs insèrent un nombre variable dans le circuit des moteurs. Des bobines de self sont intercalées au moment opportun pour éviter la mise

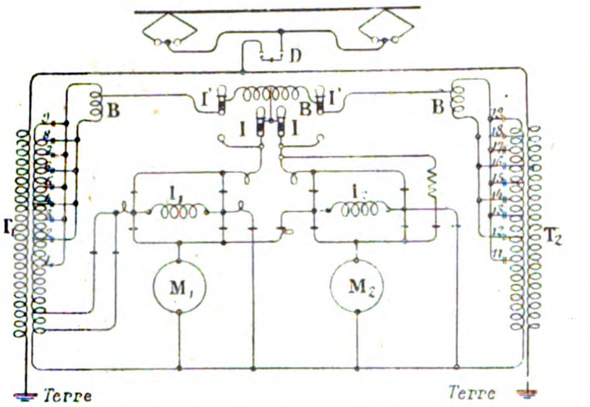


Fig. 5. — Schéma simplifié des connexions de la locomotive Westinghouse.

en court-circuit de deux sections consécutives de transformateur.

Les moteurs à enroulement série-compensé sont à ventilation artificielle, alimentés sous 420 volts ils peuvent développer 450 kilowatts d'une façon continue.

La récupération, qu'avait demandée la Compagnie du Midi, est obtenue en excitant séparément l'un des moteurs, le courant induit de ce moteur excitant le deuxième, lequel par son induit renvoie du courant à la ligne par l'intermédiaire du transformateur.

Ce système offre l'inconvénient de nécessiter toute une série de contacteurs supplémentaires afin de réaliser différentes vitesses pendant le freinage, et, après autorisation de la Compagnie du Midi, la Société Westinghouse a monté un système de freinage beaucoup plus simple, par rhéostat, consistant à faire débiter l'induit sur des résistances, tandis que l'inducteur est excité par du courant pris sur le transformateur. On a pu ainsi, au cours des essais, freiner un train de 100 tonnes sur rampe de 0,017 en réglant la vitesse entre 62 et 10 km : h. Avec un train de 300 tonnes on a pu freiner et maintenir la vitesse entre 42 et 14 km : h.

Il est bon de faire remarquer que, à part la difficulté de réaliser un appareillage simple en vue de la récupération, il faut, pour que cette récupération soit avantageuse, qu'il y ait sur la ligne d'autres trains pouvant profiter de

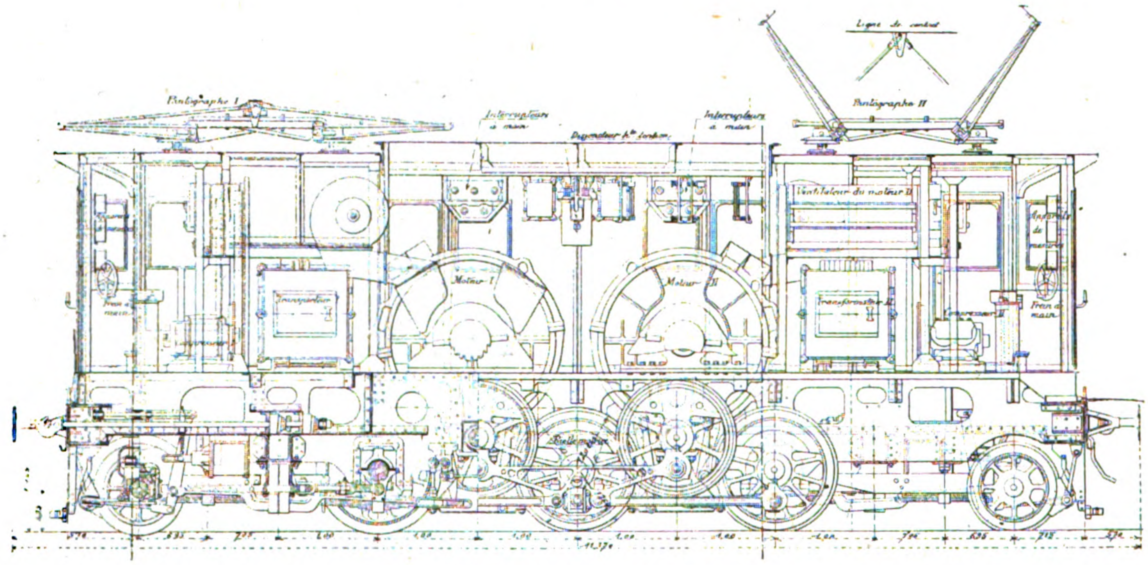


Fig. 6. — Élévation de la locomotive Westinghouse.

la récupération, sans cela l'énergie est renvoyée à la centrale où elle peut causer des troubles, comme on l'a constaté sur la ligne à traction triphasée des Giovi près de Gênes.

Le poids de cette locomotive est de 81 tonnes dont 43 pour la partie électrique se décomposant de la façon suivante :

Moteurs et leurs engrenages	27	tonnes.
Transformateurs et bobines de self	9,5	—
Appareillage, contacteurs, etc	3,5	—
Compresseurs	1	—
Ventilateurs, pantographes, accessoires divers	2	—

Automotrice électrique pour Montrejeau (*courant alternatif simple, 12 000 volts, 16,66 p : sec*). — Ces automotrices prennent le courant au moyen d'un archet pantographe et d'une ligne aérienne, système catenaire (fig. 7).

Elles sont à 2 bogies ; l'empattement rigide de chaque bogie est de 2,54 m ; la distance d'axe en axe de ces bogies est de 12,64 m.

La longueur totale de la voiture hors tampons est de 19,14 m. Le diamètre des roues motrices est de un mètre.

Ces automotrices présentent :

4 compartiments de 2[me] classe à 8 places, soit au total 32 places ; 2 compartiments de 1[re] classe à 6 places, soit au total 12 places ; 1 water-closet ; 1 grand compartiment

à bagages, et 1 poste pour le conducteur à chacune des extrémités.

Chaque bogie est équipé avec 4 moteurs de 90 kw chacun ; chaque moteur attaque l'essieu des roues au moyen d'une simple réduction d'engrenages d'un rapport 20/63.

Le poids total à vide d'une automotrice est approximativement de 54 tonnes dont 34 pour la partie mécanique et 20 tonnes pour la partie électrique.

L'équipement électrique comprend :

1° Quatre moteurs Westinghouse, type traction, d'une puissance uni-horaire de 90 kw, avec pignons, roues d'engrenages, couvre-engrenages, coussinets d'essieu et bagues d'arrêt.

Ces moteurs sont spécialement prévus pour la ventilation forcée, et avec l'emploi de cette ventilation, ils peuvent donner une puissance de 75 kilowatts sur l'essieu pendant 6 heures sans que la température d'aucune de leurs parties (sauf du collecteur) ne dépasse de 75° C la température ambiante supposée être de 25° C.

2° Un transformateur de 12000 volts, 16,66 p : sec. du type à air soufflé. A ce transformateur sont adjointes 3 bobines de self préventives pour le système de commande.

3° Un équipement complet de multiple contrôle électro-pneumatique, système Westinghouse.

En particulier, cet équipement comprend un interrupteur principal électro-pneumatique sur le courant à haute tension.

Ce système de combinateur permet également, dans les descentes, le freinage électrique des automotrices ; ce freinage est obtenu en faisant fonctionner les moteurs comme générateurs et en les faisant débiter sur des résistances appropriées comme dans la locomotive ci-dessus.

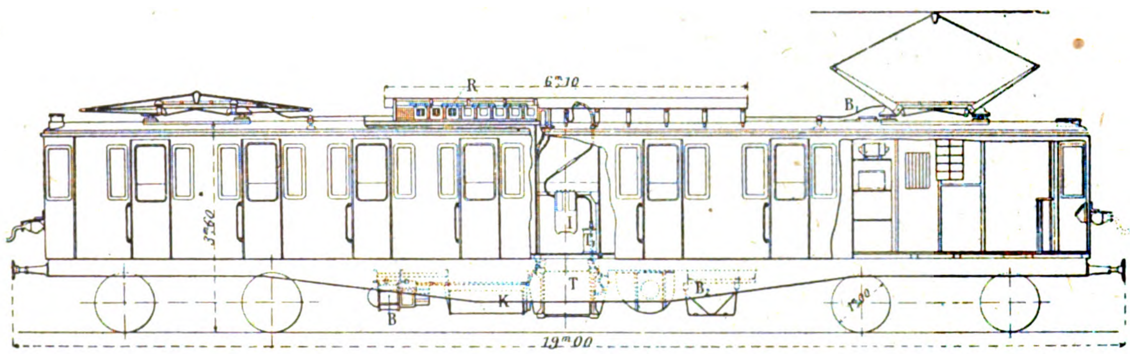


Fig. 7. — Élévation d'une automotrice de la Société Westinghouse.

4° Une petite batterie d'accumulateurs pour l'alimentation des circuits auxiliaires, avec un petit groupe moteur-générateur pour la charge de la batterie et les interrupteurs et fusibles nécessaires.

On peut également alimenter les circuits auxiliaires par du courant alternatif à 50 volts pris sur le transformateur principal. L'emploi d'une petite batterie est préféré afin d'avoir une source d'énergie indépendante, ce qui fait qu'il est possible, dans le cas de plusieurs automotrices accouplées, de commander de la voiture de tête l'interrupteur de ligne, ainsi que le trolley pantographe de l'une quelconque des automotrices.

5° Un trolley pantographe à 12000 volts, avec les deux bagues de commande et une pompe à air à main pour manœuvre en cas de manque d'air comprimé.

6° Un groupe compresseur d'air, à commande électrique pour le service des freins.

7° Un groupe ventilateur à commande électrique, débitant un volume d'air suffisant pour le refroidissement artificiel des moteurs, transformateurs et résistances de freinage.

8° Les résistances nécessaires pour absorber l'énergie électrique produite par les moteurs lorsque les automotrices descendent les pentes et que les moteurs fonctionnent comme générateurs.

9° Les câblages, tuyauterie, canalisations d'éclairage, canalisations pour chauffage et chaufferettes électriques, etc.

Le poids total de 20 tonnes de l'équipement électrique se répartit ainsi qu'il suit :

Moteurs, en tonnes	10
Transformateur et bobines préventives	6
Équipement électrique y compris compresseur, ventilateur, etc.	4

Les caractéristiques générales sont :

L'automotrice est spécialement affectée au service des trains omnibus de voyageurs. Chaque train comprend une automotrice et des remorques. Le poids total de ces trains, automotrice comprise, est de 100 à 150 tonnes, suivant le profil des lignes sur lesquelles le service doit être assuré.

La vitesse maxima est de 85 km : h. Avec un train de 100 tonnes, la vitesse, sur rampe de 16 millimètres par mètre est de 50 km : h et sur rampe de 0,033 de 37 km : h. Pour un train de 150 tonnes, sur rampe de 0,016 la vitesse est de 41 km : h.

Ces vitesses s'entendent en alignement droit et en supposant l'énergie fournie au trolley à 11500 volts au moins et la fréquence de 16,66 périodes par seconde.

Automotrices des chemins de fer de l'État. — On sait qu'il a été décidé que toute la banlieue parisienne des chemins de fer de l'État serait électrifiée; ce projet, en voie de réalisation, ne comporte pas moins de 500 km de voies équipées électriquement. Pour assurer le service de plus en plus important de la banlieue on a choisi le courant

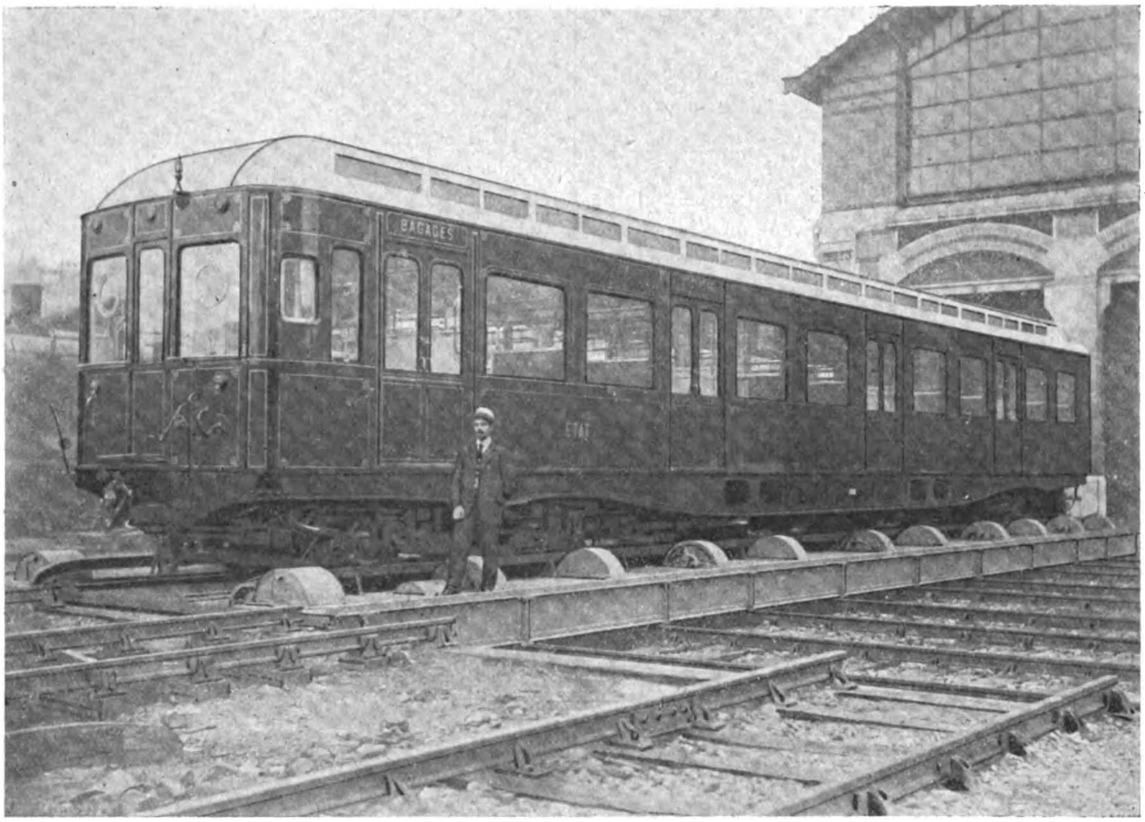


Fig. 8. — Vue d'ensemble d'une des automotrices des chemins de fer de l'État.

continu à 600 v avec prise de courant sur rail latéral. Les raisons de ce choix ont été nettement motivées dans une conférence faite, le 16 mars dernier, par M. Mazen au Conservatoire des Arts et Métiers. Il fallait un système

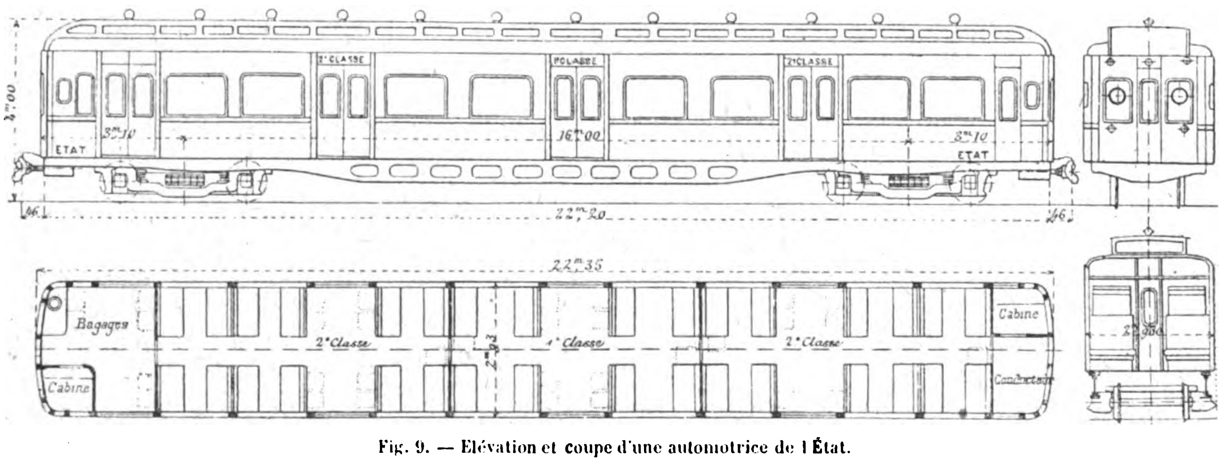


Fig. 9. — Élévation et coupe d'une automotrice de l'État.

qui eût la sanction d'une expérience prolongée et, au point de vue technique aussi bien qu'au point de vue économique, on a tenu à prendre le courant continu. On étudia aussitôt un type de motrice comportant deux classes de voyageurs permettant d'assurer le service à l'aide de voitures isolées aux heures peu chargées et qui seraient groupées en rames de deux à quatre voitures selon l'exigence du service.

Les premières automotrices construites pour les essais sont analogues à celles du Nord-Sud (fig. 8 et 9), nous

les avons signalées l'an dernier (1); elles sont cependant plus grandes, leurs caractéristiques sont les suivantes :

Longueur totale, en m.	22
Largeur totale, en m.	2,95
Hauteur du lanterneau au-dessus du rail, en m	4,05
Écartement des essieux extrêmes, en m.	18,80
Empattement des essieux du bogie, en m	2,80
Puissance des deux moteurs actuels, en kw	330
Puissance des quatre moteurs du type en projet, en kw	500
Nombre de places assises :	
Première classe	26
Deuxième classe	74
Poids à vide, en tonnes.	60
Poids en charge, en tonnes	70

La caisse à doubles parois métalliques est divisée en cinq compartiments, deux cabines d'extrémité pour le conducteur, un petit compartiment à bagages, deux compartiments de 2e classe, un de 1re classe.

Actuellement les automotrices sont supportées par

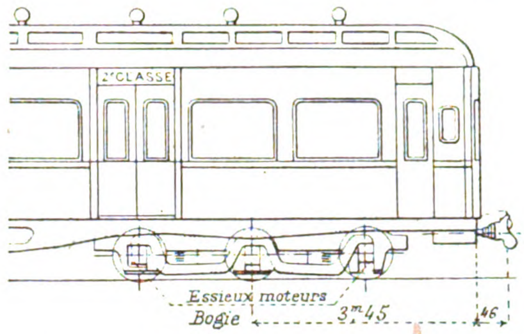


Fig. 10. — Bogie à 3 essieux.

deux bogies à deux essieux dont un seul est actionné par deux moteurs, mais il est prévu au projet définitif des

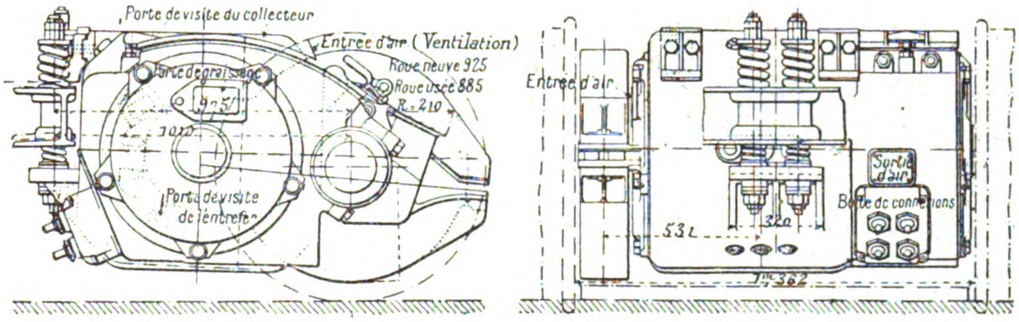


Fig. 11. — Montage des moteurs sur les automotrices de l'État.

bogies à trois essieux (fig. 10) (2) munis chacun de deux moteurs formant un total de 500 kilowatts.

Chaque moteur (fig. 11 et 12) pèse 3800 kg; sous la

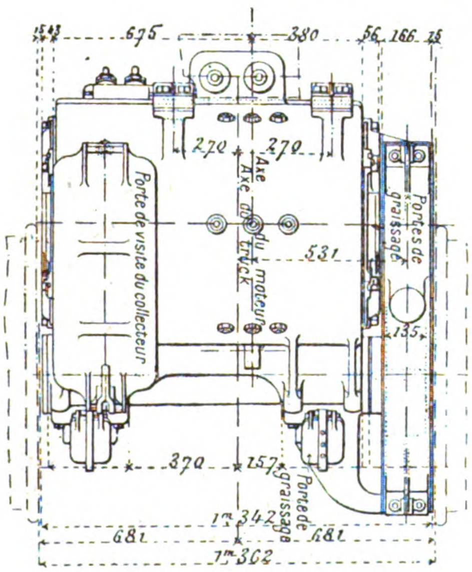


Fig. 12. — Vue en plan d'un des moteurs.

tension normale de 600 volts ces moteurs permettent d'obtenir 80 km : h en palier et 60 k : h en rampe de 0,01.

Les voitures, pouvant être accouplées, sont munies d'équipements à unités multiples du système Sprague-Thomson-Houston à accélération automotique. Les voitures s'accouplent automatiquement entre elles à l'aide de l'attelage automatique Boirault, qui a été longuement essayé sur le réseau de l'Etat. La jonction des conduites d'air comprimé et des câbles électriques se fait à l'aide d'organes de couplage analogues à des fiches de construction très robuste.

Le chauffage, qui est électrique, absorbe 5 kw par voiture : il est assuré à l'aide de chaufferettes et de radiateurs électriques.

Tandis que les équipements et les moteurs n'offrent rien de particulier et se rattachent à des types déjà décrits, la prise de courant est assez spéciale et mérite une description.

Prise de courant. — Au lieu de capter le courant à la surface supérieure du rail, comme on le fait le plus souvent, les chemins de l'Etat utilisent une prise frottant sous le rail, cela permet de mieux protéger ce conducteur aussi bien contre la neige et le verglas que contre les personnes qui peuvent circuler sur la voie, la pratique a du reste sanctionné déjà ce procédé.

La prise (fig. 13) se compose d'un bâti A fixé latéralement à la voiture à l'aide de deux pattes. Une tige H

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 495 du 24 août 1913, p. 365.
(2) *Génie Civil*, tome LXII, n° 9.

montée à ressort supporte le bras K de la prise M qui constitue le frotteur proprement dit.

L'écrou E sert à régler la hauteur de la prise de courant.

L'expérience a montré l'efficacité de ce montage qui donne d'excellents résultats même aux grandes vitesses.

On se rendra compte de l'importance considérable que

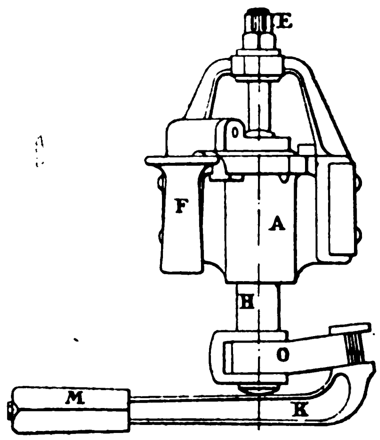


Fig. 13. — Frotteur de prise de courant.

va prendre l'électrification des chemins de fer banlieue de l'État, si l'on songe qu'il ne faudra pas moins de 400 voitures automotrices pour assurer le service.

Les quelques exemples que nous venons de montrer permettent d'entrevoir un certain avenir à la traction électrique sur les réseaux français de chemins de fer.

A. Z.

ACCIDENTS TYPIQUES DUS A L'ÉLECTRICITÉ

Une revue technique allemande signale les divers exemples suivants d'accidents tout à fait typiques dus à l'électricité; elle insiste, à ce propos, sur l'utilité d'une application générale de la mise à la terre de toutes les parties métalliques des installations électriques qui peuvent être mises sous tension, soit directement, soit indirectement. On sait que l'Association électrotechnique allemande a constitué une commission spéciale pour l'étude de cette question.

1° Dans une installation de chargement la poignée isolante du levier de commande est détériorée; l'opérateur monté sur la plate-forme métallique de service, en voulant manœuvrer le levier, touche celui-ci et est tué. (Courant alternatif triphasé à 500 volts.)

2° Dans une installation souterraine, un ouvrier, en travaillant aux canalisations d'éclairage, formées de câbles à armure métallique, reçoit une décharge mortelle, la gaine protectrice se trouvant sous tension par suite d'une détérioration intérieure. (Courant triphasé à 500 volts.)

3° Après avoir travaillé dans l'eau, un ouvrier, les chaussures mouillées, touche malencontreusement le raccord de sa lampe portative et il est tué. (Courant alternatif à 110 volts.)

4° Même accident dans des travaux de chaudières.

5° Un ouvrier pousse contre une canalisation de lumière, formée d'un câble à armure métallique, un wagonnet en acier; quoique celui-ci soit placé sur le sol et que le wagonnet se trouve sur des rails métalliques, l'ouvrier reçoit une décharge mortelle. (Courant continu à 220 v.)

6° L'homme de service d'un tableau de distribution tombe mort en touchant son tableau; celui-ci est monté sur une charpente de fer, placée sur un socle de béton sec; un défaut d'isolement s'est produit. (Courant alternatif triphasé à 500 volts.)

7° Le conducteur d'un moteur est tué en touchant le volant du démarreur, mis sous tension par suite d'un défaut. (Courant alternatif à 220 volts)

8° Dans un établissement métallurgique, un ouvrier est tué au moment où il prend en mains, pour le déplacer, l'un des câbles flexibles employés pour alimenter de grosses cisailles mobiles; le câble était muni d'une armure métallique reliée électriquement à la terre; mais par suite des manipulations, l'isolement du câble, le guipage de chanvre et l'armure sont détériorés à l'endroit que la victime a touché. (Courant alternatif à 500 volts.)

9° En empoignant le manche isolant du levier, mis à la terre, de l'interrupteur d'un tableau de distribution, l'opérateur touche la plaque de marbre du tableau; mais par suite d'un défaut d'isolement survenu à un transformateur de mesure placé derrière le tableau, le panneau de marbre se trouve sous tension et l'opérateur est électrocuté. (Courant alternatif à 5000 volts.)

10° Un défaut d'isolement se produit dans un interrupteur de sectionnement placé sur l'un des mâts en bois d'une ligne à haute tension; le bâti de l'interrupteur est connecté à la terre par un fil de cuivre enfoui de quelques mètres dans le sol: un monteur grimpe sur le poteau, sans interrompre le courant; pendant qu'il est sur le mât, un assistant vient arroser le pied du mât; au moment où le monteur, à la descente, touche le sol humide, il est foudroyé; le contact entre le fil et la terre était insuffisant. (Courant alternatif à 30000 volts.)

11° Trois ouvriers sont gravement blessés, l'un mortellement, en touchant la corde de commande d'une plateforme; celle-ci, entièrement métallique, mais dont les rails ne sont pas en communication directe avec ceux du réseau, se trouve accidentellement sous tension; au moment où les victimes saisissent la corde, la décharge se fait avec une grande intensité par suite de ce que les opérateurs sont en contact, par les pieds, avec les rails du réseau.

12° Dans la cuisine d'un appartement dont le plancher est en béton armé, recouvert de carreaux, on constate que les montures métalliques de certains appareils chauf-

fés électriquement sont mises sous tension; des dérivations superficielles se sont établies, par suite de la présence d'eau salée sur les appareils; le sol, où sont enfouies des conduites d'eau, de gaz, de chauffage, etc., forme une excellente terre; les décharges atteignent une intensité dangereuse, à raison, notamment, de ce que les opérateurs ont généralement les mains mouillées et que le plancher est habituellement humide.

13° Dans une installation de traction souterraine, un ouvrier chaussé de sabots et portant un tuyau de fer sur l'épaule, touche, au moyen du tuyau, la ligne de contact; il est frappé à mort. (Courant continu à 220 volts.)

14° Sur une plate-forme métallique suspendue, dans un puits de mine, un ouvrier est tué en touchant un démarreur. H. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 16 juillet 1913.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 21 juillet 1913.

La conduction électrique dans les champs cylindriques sous la pression atmosphérique, par M. V. Schaffers. — Pour établir la théorie de la conduction électrique dans les gaz sous la pression atmosphérique, une des méthodes les plus avantageuses doit être l'étude d'une forme de décharge continue dans un champ de propriétés connues.

La lueur sur un fil placé dans l'axe d'un cylindre métallique remplit ces deux conditions. Elle a été étudiée sur douze fils dont les rayons s'échelonnaient entre 0,0003 et 0,35 cm, et dans cinq cylindres dont les rayons allaient de 0,85 à 5,85 cm. Le détail des dispositifs expérimentaux et des mesures sera publié ailleurs. Voici quelques conclusions intéressantes concernant les potentiels et les champs initiaux dans l'air.

1. Le rapport des potentiels initiaux positifs et négatifs n'est nullement déterminé par les mobilités des ions ordinaires, contrairement à ce qu'on admet volontiers jusqu'ici. Il varie régulièrement avec le rayon r du fil. Pour $r = 0{,}01$ cm les deux potentiels sont égaux. C'est seulement pour des rayons inférieurs à cette valeur que le potentiel négatif est plus petit que le positif. Pour des rayons supérieurs, c'est le contraire.

2. La nature du métal semble être indifférente, du moins quand les fils ne sont pas très fins.

3. La valeur $r = 0{,}01$ cm du rayon sépare deux domaines de lois nettement distinctes.

Sur les *gros fils* ($r \geqq 0{,}01$ cm), le potentiel initial positif a pour valeur, en volts,

$$V_p = 30000\, r^{0,7} \log \frac{b}{r},$$

et, par suite, le champ initial

$$R_p = 30000^{-0,3}.$$

Avec le signe —, la constante devient 32000 environ. On remarquera que le champ est indépendant du rayon b du cylindre. Cette dernière loi est une de celles qui se vérifient le mieux : elle est même encore suivie avec $r = 0{,}00385$ cm.

Sur les *fils fins* (r compris entre 0,00385 et 0,001 cm environ), on a

$$V_p - 350 = 8900\, r^{0,4} \log \frac{b}{a},$$

et

$$V_n = 8900\, r^{0,4} \log \frac{b}{a},$$

où $a = r + 0{,}03$ cm.

Avec le signe +, on réussit mieux encore avec

$$V_p = 2233 \frac{\log \frac{b}{a}}{\log \frac{a}{r}}.$$

C'est un régime de transition, qui semble aboutir, sur les *fils très fins*, à

$$V_n = 1233\, r^{0,3} \log^2 \frac{b}{r},$$

et

$$V_p = V_n + 350.$$

On arrive ainsi à un troisième domaine qui serait l'analogue de celui des potentiels explosifs critiques. Les parcours correspondant à une chute de 350 v et les champs initiaux y sont du même ordre que dans le phénomène critique.

4. D'après les principes généraux de la théorie des ions, le courant devrait commencer quand les ions acquièrent, dans une chute de potentiel déterminée, l'énergie minimum nécessaire pour ioniser au choc. Par analogie avec ce qu'on sait des décharges dans les gaz raréfiés, on a supposé parfois que cette chute devait être de 350 v sur une distance qui ne dépendrait que du libre parcours moyen du gaz. Or, les valeurs de cette distance, calculée d'après nos mesures, vont de 0,001 à 0,0106 cm. Il semble donc que la chute de 350 v ne joue aucun rôle dans l'ionisation initiale sous la pression atmosphérique, sauf dans le domaine des fils fins.

5. L'épaisseur de la gaine lumineuse qui entoure les fils a été mesurée un grand nombre de fois au moyen du déplacement subi par l'image quand on l'observe à travers une lame de verre à faces parallèles. Ces mesures, d'ailleurs très difficiles et peu précises, ont donné des résul-

tats tous compris entre 0,04 et 0,1 cm sans apparence de variation systématique. L'épaisseur de la gaine serait donc la même pour tous les fils.

L'emploi d'une sonde conduit à la même valeur moyenne 0,07 cm pour cette épaisseur. Il donne, de plus, pour le bord interne de la gaine lumineuse, c'est-à-dire pour la frontière initiale de la région d'ionisation, la distance 0,05 cm. Sur la courbe des potentiels fournie par la sonde, on trouve, en effet, un palier entre ces deux abscisses.

Il est à noter que les deux méthodes précédentes ne sont applicables qu'à des cas où les courants sont relativement intenses, et que, dès lors, les conditions relatives au *début* du courant ne peuvent en être tirées que par une extrapolation. La seconde est, en outre, particulièrement peu sûre dans le cas des fils fins.

6. On est donc amené à essayer comme parcours d'ionisation initiale, au moins sur les gros fils ($r \geqq 0{,}01$ cm), la distance 0,05 cm. C'est celle qui figure déjà dans les lois empiriques des fils fins données ci-dessus. Or, elle ne correspond pas à une chute de potentiel constante. On reconnait aisément, du reste, qu'il n'est aucune distance qui satisfasse à cette condition.

Dès lors, il devient vraisemblable que, dans les décharges étudiées, les masses des ions ne sont pas invariables, mais qu'elles dépendent du rayon du fil, et sans doute, obéissent à des lois différentes, suivant que r est plus grand ou plus petit que 0,01 cm. On sait, d'autre part, qu'elles dépendent de la pression (rayons cathodiques, etc.). Nous avons, en conséquence, entrepris des recherches sous pression variable, dont nous ferons connaître prochainement les résultats.

7. Signalons, en terminant, que le champ initial tend, quand on fait croître indéfiniment le rayon du fil, vers 30000 volts-cm. C'est la valeur bien connue du champ explosif entre électrodes de grand rayon de courbure. Le mécanisme ionisateur initial est donc le même dans l'étincelle et dans la lueur.

Séance du 28 juillet 1913.

Sur la conservation et l'origine du magnétisme terrestre, par M. Kr. Birkeland. — J'ai montré dans une Note précédente comment le mouvement des ions et des électrons autour du Soleil servait à augmenter le magnétisme solaire. Nous allons voir maintenant si nous pouvons nous imaginer de quelle façon l'émission des électrons solaires dans l'espace peut donner naissance au magnétisme terrestre.

Je pense qu'il existe à présent autour de la Terre magnétique un système de rayons hélio-cathodiques, dont je n'ai cessé depuis 15 ans de chercher à révéler les traits les plus caractéristiques. Il s'y trouve par exemple dans le plan de l'équateur un anneau, où les rayons circulent nécessairement de façon à augmenter le magnétisme terrestre. Mais de tels rayons ne pouvant, par leur action magnétique directe, rendre compte de plus de 1/40 de la force magnétique terrestre, il faut chercher si ce système de rayons extérieurs peut créer, par induction dans la Terre en rotation, des courants qui puissent expliquer les variations diurnes du magnétisme terrestre et même le magnétisme général de la Terre.

Il est cependant impossible de penser qu'un tel système extérieur donne naissance par induction à des courants électriques circulant toujours dans le même sens autour de l'équateur, à l'intérieur de la Terre, parce que, même pour ces rayons pour lesquel $H.\rho$ doit être de l'ordre 10^6, il faut que l'intégrale curviligne de courant autour de l'équateur soit zéro.

Mais le système extérieur hélio-cathodique crée par induction des courants telluriques ; il en existe plusieurs espèces qui changent de direction pendant la journée. Or je pense être d'accord avec la théorie électronique en admettant que cet échange perpétuel des électrons à travers toute la terre magnétique ait pour conséquence qu'un certain nombre de ces électrons filants arrivent par hasard à tourner autour des aimants élémentaires dans l'équateur, ou autour des groupes de ceux-ci, qui, comme nous le savons, ont leur pôle Sud magnétique dans leur partie Nord.

Dans certaines conditions exposées ci-dessous, le magnétisme terrestre se trouvera toujours augmenté, *quelle que soit la direction des courants telluriques*, pourvu que ceux-ci ne soient nulle part assez forts pour désorienter complètement les aimants élémentaires. Il se crée de cette façon des tourbillons d'électrons, peut-être de nouveaux *magnétons* de Weiss [1].

On peut croire qu'un équilibre s'est établi au cours des temps dans la Terre et que le nombre des tourbillons d'électrons créés équivaut au nombre des tourbillons évanouis. L'idée des courants particulaires d'Ampère peut, pour les corps magnétiques en général, se maintenir probablement mieux dans cette nouvelle forme.

Admettons un atome positif en rotation rapide, entouré de n électrons en révolution, tous dans le même plan et dans le même sens; ce système constituant un aimant élémentaire semble, d'après mes expériences, pouvoir être stable. Il a une certaine ressemblance avec un disque électrique en rotation, cas traité par Voigt [2].

Un nouvel électron arrivant par hasard dans des conditions convenables vers notre système élémentaire sera amené par les forces magnétiques du système à tourner dans le même plan et dans le même sens que les autres n électrons.

Est-ce pour cela que Weiss a trouvé que *les magnétons d'un même atome seraient rigoureusement parallèles entre eux ?*

Schuster a dit à propos de l'origine du magnétisme

---

[1] *La constitution de la matière*, Paris, 1913, p. 332 et 361. Conférences de Pierre Weiss et de Henri Poincaré.

[2] W. Voigt, *Ann. de Phys.*, 9e série, 1902, p. 142.

terrestre [1] : « Whatever wiew we adopt, we cannot escape introducing some new phenomenon for which there is at present no experimental evidence.... » Dans l'opinion de Schuster et de Kelvin, c'est la grandeur de la Terre qui constitue dans ce cas un point très essentiel. Peut-être faut-il prendre en considération des périodes de temps assez longues.

Il est généralement admis que l'écorce fortement magnétisable de la Terre est extrêmement mince par rapport à son rayon. D'après les résultats de Barlow, il est donc fort possible que, dans l'intérieur de la Terre non magnétisable encore, ce soit toujours le faible champ produit par le système extérieur hélio-cathodique qui règne. Je suppose maintenant que lorsque l'écorce magnétisable s'est épaissie par suite du refroidissement de la Terre, les aimants élémentaires ont reçu, dans les strates intérieurs nouvellement formés, une orientation qui, en raison de l'énorme pression, n'a pu être modifiée depuis lors ni par les forces dérivant de l'énergie potentielle ni par l'énergie cinétique des molécules.

Je viens de commencer des expériences en vue de me rendre compte s'il est possible de vérifier mon hypothèse sur une échelle de laboratoire.

Étant admis que la conservation du magnétisme terrestre se produit comme nous venons de le dire, il nous reste à expliquer son origine : l'aimantation primitive de la Terre d'abord non magnétique, mais tournant dans un océan de rayons hélio-cathodiques.

Remarquons d'abord que, dans ce cas, les parties de la terre vers 6 heures du soir et celles vers 6 heures du matin seront tous les jours aimantées en sens contraire. Mais les rayons du côté soir seront courbés dans le sens de la rotation de la Terre, déviés qu'ils sont par les parties aimantées par eux-mêmes, de sorte que l'aimantation des parties terrestres de ce côté, *se prolongera* de plus en plus, tandis que ces mêmes parties, en arrivant vers le côté matin, et pourvu qu'il existe encore, par suite d'une force coercitive, un peu de magnétisme rémanent, chercheront à recourber les rayons de telle façon qu'ils s'éloignent de la Terre. Du côté matin, les choses se passent autrement.

Il doit résulter de cet ensemble de circonstances que les rayons forment finalement autour de la Terre un anneau équatorial et que l'aimantation générale se développe alors par un renforcement successif, comme nous l'avons expliqué plus haut. Nous verrons plus tard que notre théorie semble pouvoir s'appliquer à la rotation qu'on suppose que l'axe magnétique exécute autour du pôle géographique.

Sur l'obtention aisée des températures atteignant — 211° par l'emploi de l'azote liquide, par M. Georges Claude. — Je crois utile de signaler la simplicité avec laquelle il est possible, en l'absence d'hydrogène liquide encore difficile à se procurer, d'atteindre en quelques minutes la température de solidification de l'azote, soit — 211°, quand on dispose de l'azote liquide que peuvent fournir aujourd'hui de nombreuses usines.

Le procédé que j'ai employé à cet effet, dont le principe est d'ailleurs bien connu, est souvent beaucoup plus commode, plus rapide et permet d'opérer avec un matériel restreint sur des quantités d'azote liquide plus importantes que l'évaporation dans le vide.

On sait que quand on fait passer dans un gaz liquéfié un courant d'air rapide, le liquide est refroidi très au-dessous de son point d'ébullition normal. M. J. Duclaux, en particulier, a étudié ce phénomène [1] et a démontré qu'on pouvait atteindre ainsi, sans récupération de froid, une température approximativement égale à la moitié de la température critique absolue du liquide.

J'ai eu l'occasion d'utiliser ce procédé, dans le cas de l'azote liquide, en employant l'hydrogène comme gaz refroidisseur. L'azote liquide à refroidir remplit jusqu'à 4 cm du bord une éprouvette d'Arsonval-Dewar de 6 cm de diamètre intérieur et 30 cm de hauteur utile. Dans cette éprouvette plonge un tube ouvert qui constitue l'extrémité d'un serpentin de 12 spires d'un tube de cuivre de 6 mm de diamètre intérieur enroulé en 12 spires de 7 cm de diamètre. Ce serpentin, refroidi dans un autre bain d'azote liquide, est traversé par un courant d'hydrogène fourni par une bouteille du commerce et qu'il est inutile de dessécher si la pression de la bouteille est élevée. Cet hydrogène se refroidit dans le serpentin et traverse tumultueusement le liquide du récipient argenté, dont la température est suivie à l'aide d'une résistance étalonnée. Le happage de l'air extérieur par le liquide très froid est évité en recouvrant l'éprouvette argentée d'un carton d'amiante percé d'un trou de 1 cm de diamètre, qui laisse seulement l'hydrogène s'échapper.

Le courant d'hydrogène est utilement aussi intense que possible. Pour ne pas projeter trop violemment le liquide au dehors, on limite d'abord à 20 ou 25 litres par minute et, à mesure qu'il y a plus de place libre dans l'éprouvette, on le pousse progressivement à 50 ou 60 litres.

Dans ces conditions, le refroidissement est très rapide. J'ai noté dans un essai — 200° après 2 minutes, — 206° après 6 minutes, — 210° après 12 minutes. A partir de ce moment, on est sensiblement en régime, car après 20 minutes on n'est qu'à — 211°, température limite qui correspond d'ailleurs à la lente congélation de l'azote : ceci fournit un point fixe, d'un usage aussi commode que celui des points d'ébullition de l'oxygène et de l'azote, soit qu'on prolonge le courant d'hydrogène, car la congélation se poursuit lentement, soit qu'on arrête ce courant, car les parties congelées se reliquéfient. C'est ainsi que dans cet essai, j'ai noté la constance de la température à 0°,1 près, pendant 8 minutes après l'arrêt de l'hydrogène, tandis qu'elle se met ensuite à remonter de 0°,05 par minute. C'est une chose assez singulière que le courant d'hydrogène peut être arrêté entièrement sans que l'air extérieur soit condensé par ce liquide très froid, à la condition, bien entendu, que le vase soit préservé de toute agitation.

Dans l'essai ci-dessus relaté, il restait encore dans l'éprouvette, à la cessation du courant d'hydrogène, les 2/5 du volume, soit près de 0,5 litre, du liquide à — 211°; la dépense d'hydrogène avait été de 0,6 m³ d'hydrogène et la quantité d'azote liquide évaporée dans le bain refroidisseur de 0,8 litre environ. Le procédé

[1] Schuster. *On causes of terrestrial Magnetism* (*Proc. Phys. Soc.*, V. t. XXIV, 1912, p. 125).

[1] *Revue générale des Sciences*, 1909, p. 875.

pourrait naturellement être amélioré au point de vue économique, mais aux dépens de sa commodité et de sa simplicité d'emploi, et en supprimant notamment le grand avantage d'opérer en vase ouvert, en récupérant le froid d'une façon analogue à celle qui a été décrite par M. J. Duclaux [1].

Avec le même dispositif expérimental que ci-dessus, l'oxygène liquide subit un abaissement de température plus important que l'azote, car on n'est pas, avec lui, limité par la congélation. Toutefois, comme on part de — 182°,5, on n'aboutit qu'à 204°. L'emploi de l'azote liquide est donc à tous égards préférable.

Dans l'un et l'autre des cas indiqués ci-dessus, surtout dans le dernier, on tombe, on voit, notablement au-dessus de la moitié de la température critique. Pour atteindre avec l'oxygène la même température par réduction de pression, il faudrait le faire bouillir dans 5 cm de mercure. Le résultat obtenu est donc très remarquable.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Comparaison entre les installations à courant alternatif avec point neutre isolé ou mis à la terre. — Les principaux avantages de la mise à la terre du point neutre sont : l'abaissement de la tension simple par rapport à la terre et la facilité de réaliser une coupure automatique de la ligne en cas de perte. Cette coupure entraîne toujours un arrêt du service. On peut distinguer les cas suivants en ce qui concerne la mise à la terre des points neutres des alternateurs.

1° Alimentation d'un réseau de câbles. La coupure automatique en cas de perte en ligne exige un câble mis à la terre. L'intensité de courant au moment de la mise en circuit des résistances de mise à la terre dépend du genre de relais. Les grilles de ces résistances doivent être placées sur isolateur dans des cellules incombustibles. La résistance de mise à la terre se connecte à la barre neutre dans le cas de la marche de plusieurs alternateurs en parallèle.

2° Alimentation directe de canalisations aériennes. La mise à la terre des points neutres des alternateurs n'est pas avantageuse dans la plupart des cas.

3° Alimentation indirecte de canalisations aériennes. La mise à la terre des points neutre basse tension est à recommander. Son avantage est l'abaissement de la tension par rapport à la terre en cas de court circuit sur la haute tension ou de coupure brusque de celle-ci Il est bon également de monter entre la basse tension et la terre un chemin d'éclatement pour une tension un peu supérieure à celle de service. L'emploi de plaques de terre entre la haute et la basse tension présente le danger de court-circuit.

4° Mise à la terre des lignes haute tension. Les avantages sont : *a*. La possibilité d'une coupure automatique rapide en cas de perte en ligne. *b*. L'économie réalisée dans les transformateurs et les isolateurs grâce à l'abaissement de la tension simple. *c*. L'économie réalisée sur les parafoudres. *d*. La possibilité d'utiliser le conducteur de terre comme conducteur de phase en cas d'accident à l'un des fils du transport d'énergie. Par contre la mise à la terre a l'inconvénient d'occasionner de nombreux dérangements en service; aussi est-elle peu employée. (*The Electr.*, 29 novembre 1912.) M. A.

Distribution de gaz pour la production de l'énergie. — La Société de production d'énergie par le gaz South Staffordshire Mond Gas Power and Heating Company exploite depuis 1905 un réseau de distribution à grande distance de gaz moteur. L'usine génératrice de Dudley Port-Tipton, qui contient actuellement 8 gazogènes Mond, avec installations pour la récupération des produits dérivés et la fabrication du sulfate d'ammoniaque, fut construite en 1905 avec un seul gazogène. Depuis cette époque cette usine s'est constamment agrandie sans que sa marche ait eu à subir d'accident d'aucune sorte. La composition, le pouvoir calorifique et la pression du gaz ont conservé une uniformité remarquable, bien que l'usine ne soit pas munie de réservoirs. Le gaz produit est envoyé dans les conduites sous la pression de 1,35 kg : cm² environ par trois compresseurs Riedler de 450 chevaux à commande à vapeur et vitesse réglable, pouvant comprimer 266 m³ d'air par minute à la pression de 1,7 kg : cm². La pression de départ peut être augmentée en cas d'accroissement de la consommation. L'installation peut assurer un débit de 22000 mètres cubes de gaz à l'heure, ce qui correspond à une dépense journalière de charbon de 200 tonnes. Les conduites sont constituées par des tubes soudés de 50 à 915 mm de diamètre. Leur longueur est d'environ 47 km pour une superficie à desservir de 316 kilomètres carrés.

Les abonnés, au nombre de 2000, emploient le gaz dans des forges, des fours métallurgiques, ou des moteurs à gaz; le nombre de ces derniers est de 150. Le prix de vente du gaz varie entre 0,55 centimes et 0,67 centimes le mètre cube, ce qui correspond, en tenant compte du pouvoir calorifique, à un prix de vente du mètre cube de gaz d'éclairage de 2,6 centimes environ. (*Engineering*, 13 décembre 1912.) M. A.

MESURES

Transformateur de tension pour essais. — Cet appareil convient pour les essais d'isolants et de petits isolateurs. Une lampe de 50 watts est placée en série avec le primaire qui peut être court-circuité par un interrupteur à bouton. Dans ce cas la lampe brûle avec tout son éclat.

Le secondaire est divisé en plusieurs parties, de sorte que l'on peut disposer de 500, 1000 ou 1500 volts.

Le transformateur est placé dans une boite cylindrique en tôle de fer, la lampe est placée à l'extérieur sur la boite. Le courant est amené au primaire à l'aide d'une prise de courant.

La haute tension aboutit à des bornes placées sur la boite et isolées au caoutchouc durci.

Pour faire un essai on branche l'appareil à essayer aux bornes correspondantes à la tension choisie. On place ensuite la fiche de prise de courant et la lampe brille fortement.

Si l'on appuie sur le bouton interrupteur, le courant passera dans le primaire qui se comporte comme une bobine de self tant que le secondaire ne débite pas. La lampe ne va plus donner qu'un très faible éclairement si l'isolement de l'appareil à essayer est bon, mais qu'apparaisse un défaut, aussitôt la lampe va briller à nouveau.

Si l'on veut mesurer la tension du secondaire, il faudra employer un voltmètre statique. Un avantage de ce transformateur c'est que le circuit haute tension ne peut débiter un courant important à cause de la lampe placée dans le primaire; en plus de cela il ne fonctionne que tant que l'on appuie sur le bouton interrupteur.

La consommation normale est de 50 watts, le poids est de 7 kg. (*E. T. Z.*, 8 mai 1913.) F. H.

---

[1] *Revue générale du Froid*, février 1912, p. 62.

Galvanomètre pour la mesure de faibles courants continus ou alternatifs. — L'auteur décrit un appareil thermique permettant la mesure de faibles courants. La chaleur dégagée est emmagasinée jusqu'à ce que l'élévation de température soit suffisante pour agir sur un thermo-élément. Le galvanomètre de Einthoven permettait de mesurer des courants de l'ordre de 4.10^{-12} ampère, avec le nouvel appareil on peut mesurer des courants alternatifs de 10^{-15} ampère.

Le principe de l'appareil est celui du thermo-élément à vide dont on mesure la tension par la méthode de compensation. Le fil thermique entoure la soudure sans la toucher; le tout est placé dans une sphère de verre argenté, qui elle-même est placée dans une seconde sphère de verre argenté dans laquelle on a fait le vide.

Pour la plus faible intensité mesurée, c'est-à-dire 10^{-15} ampère, la mise en circuit dura environ 60 secondes; elle n'était que de 10 secondes pour un courant de 10^{-6} ampère.

Cet appareil convient pour la mesure de faibles courants, par exemple pour les mesures d'isolement. Il a été construit spécialement pour la marine où il devait servir à déterminer de faibles courants induits, qui actionnaient par le thermo-élément un relais très sensible et par celui-ci un appareil d'alarme. (*Archiv. für Elektr.*, n° 1, 1912, p. 309.) F. H.

Mesure de l'intensité d'un champ magnétique. — La détermination directe de l'intensité magnétique d'un champ ne pouvait se faire jusqu'à ce jour que d'après la méthode d'Ewing et celle de Gumlich-Rogowski. Ces méthodes ne donnent pourtant des résultats exacts que dans le cas d'une faible dispersion. Avec les autres procédés on ne détermine pas l'intensité du champ magnétique à l'endroit où l'on veut mesurer l'induction, mais l'intégrale des intensités magnétiques pour un circuit fermé. La solution complète de la question demande alors le passage de la valeur de cette intégrale à celle de l'intensité magnétique à l'endroit dont on veut connaître l'induction. Ce résultat obtenu, il n'est exact théoriquement que pour un anneau fermé ou un ellipsoïde. Dans tous les autres cas (appareil de Köpsel, balance de du Bois) il faut corriger les résultats obtenus. Les auteurs donnent un procédé qui permet de mesurer directement la tension magnétique : une bande de carton de section constante est pourvue d'un enroulement d'épaisseur régulière et est placé dans un champ magnétique. Le flux tombant sur la bande est proportionnel à la tension magnétique entre son commencement et sa fin. Les auteurs utilisent pour leurs essais une bande de 60 cm de long, 2,5 cm de large, 1 mm d'épaisseur, avec deux couches de fil de 0,2 mm d'épaisseur. Le commencement et la fin de l'enroulement se trouvaient dans le milieu.

Pour les essais on avait joint les deux extrémités de la bande de façon à lui faire former une courbe fermée.

Le champ était créé par une bobine carrée de 458 spires.

La bobine d'épreuve était reliée à un galvanomètre balistique dont on notait l'élongation au moment de l'établissement du courant.

L'étalonnage de la bobine d'épreuve est très simple : soit α l'élongation du balistique lors de la commutation d'un courant i dans la bobine de N spires créant le champ, si une division de l'échelle correspond à β unités de variations de flux, alors une unité de flux dans la bobine d'épreuve correspond à une intensité magnétique de $2\frac{Ni}{\alpha\beta}$ ampères-tours. Les auteurs ont mesuré l'intensité magnétique entre deux points éloignés de 43 cm d'un noyau et obtinrent ainsi le nombre d'ampères-tours utile.

Pour des intensités de champ de 25, 100, 200 A-t : cm ils ont trouvé des différences de 29,5, 11,5, 8,5 pour 100 entre les ampères-tours utiles et théoriques. Ces différences proviennent des joints.

Quand on emploie du courant alternatif, on remplace le galvanomètre balistique par un oscillographe ou un électromètre. (*E. T. Z.*, 19 juin 1913.) F. H.

Électromètre de grande sensibilité. — L'auteur décrit l'électromètre à quadrants de A. Kleiner, qui peut mesurer des tensions de l'ordre de 10^{-6} v.

La construction de l'appareil repose sur la remarque que, si l'on emploie comme suspension des fils très fins (de 3 μ à 7 μ), il faut veiller à ce que l'amortissement et la durée d'oscillation ne deviennent pas trop grands c'est-à-dire qu'il faut rendre le moment d'inertie aussi faible que possible.

On utilise pour cela une aiguille qui possède deux ailes perpendiculaires recourbées en arrière. Les quadrants sont formés de deux cylindres ayant mêmes axe et perpendiculaires entre eux. Ces cylindres sont fendus suivant deux diamètres perpendiculaires. Les dimensions de l'appareil sont réduites au minimun. La longueur de l'aiguille est de 12 mm, le diamètre des quadrants extérieurs est de 16 mm, celui des quadrants intérieurs de 8 mm.

Pour que l'aiguille ne puisse venir en contact avec les quadrants par suite de l'attraction existante, on l'a chargée en son milieu d'un poids.

La durée d'oscillation pour un fil de 5 μ est de 17 secondes et l'aiguille est en repos après 5 oscillations. (*Phys. Zeitschr.*, 1913, p. 237.) F. H.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Sur le développement de la turbine à gaz. — Les turbines à gaz peuvent être classées dans trois catégories :

1° Les turbines à air chaud dérivant des machines à air chaud; 2° les turbines à air chaud et à vapeur dérivant des machines à vapeur; 3° les turbines à gaz proprement dites dérivant des moteurs à gaz.

L'auteur développe la théorie de chacun de ces types de turbines. D'après lui, la solution pratique d'emploi de ces machines doit être cherchée dans la turbine à air chaud et à vapeur et dans la turbine à explosion. Une comparaison avec les autres machines thermiques actuelles exige pour fournir des résultats favorables qu'on parte d'une valeur de 70 pour 100 pour le rendement de la pompe rotative et de 75 pour 100 pour le rendement thermodynamique de la turbine. Les avantages de la turbine à air chaud sont les suivants : faible consommation de combustible; absence de chaudière; travail à basses pressions; faible superficie: frais d'entretien réduits et disparition de pièces animées d'un mouvement de montée et descente; couple uniforme. Les inconvénients sont la nécessité d'un compresseur rotatif à faible rendement, l'attaque des aubes par les poussières entraînées hors des générateurs du gaz, la production de gaz sulfureux dans le régénérateur, la haute température atteinte dans les aubes de la turbine et enfin la difficulté du réglage.

La turbine à explosion possède, à l'exception de la faible consommation de combustible et du couple constant de la turbine à air chaud et à vapeur, tous les avantages de cette dernière. Le compresseur est plus petit et le réglage plus commode, car il peut être obtenu par le déplacement des tuyères. On peut citer comme inconvénients le faible rendement, la variation périodique de la pression sur les aubes et la grande perte de chaleur par rayonnement dans la chambre à explosion. Le danger de production de gaz sulfureux dans le régénérateur n'existe plus. On peut croire que la turbine à gaz pourra être très prochainement employée avec succès dans les régions riches en huiles combustibles. L'établissement de stations centrales électriques comprenant des dynamos entrainées par des turbines à gaz offre aux constructeurs un débouché très intéressant, présentant le maximum d'économie. La turbine à air chaud et à vapeur

semble être la mieux appropriée à cet emploi, malgré ses frais d'installation plus élevés, qui sont compensés dans la suite par l'économie de combustible et la sécurité de marche. La turbine à gaz s'adapte facilement à l'utilisation des gaz des fours à coke et des gaz de hauts-fourneaux, mais dans ce cas l'encombrement de la turbine à air chaud et à vapeur est tel que la turbine à explosion doit être préférée, bien qu'elle soit moins économique. La seule turbine à explosion utilisable dans l'industrie à l'heure actuelle est celle de Holzwarth. La turbine à explosion possède également des chances sérieuses d'emploi sur les voitures automobiles et les aéroplanes où les avantages d'une machine rotative compensent l'augmentation de la consommation de combustible. (*Die Turbine*, 5 et 20 novembre et 5 et 20 décembre 1912.) M. A.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Résultats de l'emploi en traction des freins magnétiques sur rails. — Les chemins de fer autrichiens ont fait l'expérience en pratique des freins magnétiques sur rails système Westinghouse. Ces freins possèdent deux électros-aimants développant un champ perpendiculaire au rail. Le premier essai fut tenté sur la ligne Abbazia-Lovrana présentant des pentes de 85 pour 1000. Les freins étaient à deux enroulements dont l'un parcouru par le courant de court-circuit du moteur pendant la période de freinage et l'autre par le courant de la ligne. Ce second enroulement reçoit son excitation sur le dernier contact du contrôleur de manœuvre ou par suite du déclenchement de deux freins de sûreté placés sur la plate-forme du conducteur et à l'intérieur de la voiture. Les pièces polaires fixées d'une façon élastique à des châssis portés par les boîtes à graisse transmettent l'effort de freinage à la voiture par l'intermédiaire d'étriers. Chaque électro développe à pleine excitation un effort vertical de 4000 kg. Une voiture de 1,1 tonne lancée sur des rails graissés à l'huile, sur une pente de 74 pour 1000 à la vitesse de 15 km à l'heure, peut être arrêtée après un parcours de 20 à 35 m. L'accélération négative à partir d'une vitesse de 17 km-h en pente sur des rails secs est de 0,35 par seconde par seconde. Les pièces polaires sont arrondies de façon à ne pas continuer l'entraînement des étriers après la période de freinage.

Les voitures de la Dermulo-Mendelpan sont pourvues d'un frein de manœuvre à vide et de freins sur rails. Le freinage par mise en court circuit du moteur n'existe pas sur ces voitures; par contre l'un des enroulements des électros freins est parcouru par le courant de la ligne (6 ampères sous 800 volts), l'autre est connecté aux bornes d'une batterie d'accumulateurs débitant 400 ampères sous 12 à 14 volts. Les deux électros servent de freins de secours : le second enroulement étant destiné à provoquer l'arrêt de la voiture sur une pente en cas de manque du courant de la ligne. Chacun des deux bogies porte deux pièces polaires pouvant exercer un effort de 5 à 6000 kg. L'arrêt à partir de la vitesse de 30 km à l'heure est obtenu après un parcours de 42 à 50 m sur des pentes de 80 pour 1000 et sur des rails huilés. Ce parcours de freinage est de 100 à 112 mètres avec les seuls freins à vide.

Des essais analogues ont été faits à Czernowitz Grasova, Aussig et Iglau. D'autres essais portant sur des freins développant dans le rail un champ magnétique longitudinal ont été faits à Vienne et à Prague. De bons résultats furent obtenus également, mais il est alors nécessaire de veiller à l'entretien et à un bon montage des freins à main. Pour ces derniers l'emploi du type Ackley se répand de plus en plus. Les interrupteurs de sûreté sont à rappel automatique à la position ouverte dès que leur poignée est abandonnée, de sorte que les enroulements des freins ne sont pas parcourus par le courant pendant plus d'une demi-minute. (*E. K. B*, n° 3, 1913.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin
42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

---

450 085. — **Gross.** — *Pile thermo-électrique* (31 octobre 1912).

16 616/443 744. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Procédé de compoundage des moteurs alimentés au moyen d'un couplage Léonard* (26 décembre 1911).

16 638/417 189. — **Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.** — *Couplages variables dans les moteurs à collecteur* (21 octobre 1912).

16 639/434 887. — **Siemens-Schuckert.** — *Dispositif pour la régulation du champ d'inversion dans les machines à courant continu* (21 octobre 1912).

16 644/395 405. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Perfectionnements aux méthodes de ventilation des moteurs électriques fermés* (22 octobre 1912).

450 086. — **Société Gordon Electric and Manufacturing C°.** — *Perfectionnements aux interrupteurs électriques* (31 octobre 1912).

450 102. — **Clavel.** — *Système pour l'obtention et l'extinction de la lumière électrique dans les escaliers des maisons, après la fermeture et l'extinction normales* (31 octobre 1912).

450 112. — **Société The Silica Syndicate Ltd.** — *Perfectionnements dans les articles en verre siliceux comportant en combinaison avec eux des fils de prise de courant* (2 novembre 1912).

16 646/421 392. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Nouvelle résistance électrique à base de bore et de carbone* (25 octobre 1912).

450 065. — **Nodon et Lecadre.** — *Procédé d'électrodéposition des métaux* (8 janvier 1912).

450 095. — **Plaisant.** — *Dispositifs pour la production, la transformation et l'utilisation d'ondes électriques* (31 octobre 1912).

16 618/445 509. — **Triquet.** — *Système de lampe à vapeurs mercurielles s'allumant par rotation autour d'un axe.*

450 474. — **Stephenson.** — *Instrument complémentaire à signaux manœuvré à l'aide d'une seule main* (12 novembre 1912).

450 475. — **Mambret.** — *Dispositif annonciateur d'attente pour installations téléphoniques* (12 novembre 1912).

450 582. — **Société anonyme pour l'exploitation des procédés Westinghouse Leblanc.** — *Nouvel alternateur auto-excitateur à fréquence variable à volonté* (9 novembre 1912).

450 450. — **Siemens-Schuckert.** — *Commutatrice avec dynamo additionnelle à courant alternatif mécaniquement accouplée etc.* (12 novembre 1912).

16 660/450 030. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Système de commande des moteurs électriques* (21 mai 1912).

16 661/449 718. — **Routin.** *Accouplement électrique* (6 juin 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

75852. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 523. 10 Octobre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — La commission électrotechnique internationale. — Influence du courant sur une flamme. — Statistique des usines et chemins de fer électriques en Autriche, Bosnie et Herzégovine. — Etude du magnétisme terrestre dans le Sahara. — Freinage à distance des trains. — Résultat du contrôle de l'Etat sur la T. S. F. en Amérique. — La T. S. F. — Surtension. — Pétrole et électricité. — Avantages de la cuisine électrique. — Choix de la tension pour l'éclairage des communes rurales. — De l'influence des rayons sur le téléphone 439

Correspondance. — Sur un phénomène d'ionisation, par **E. Martin** 442

Note sur le parafoudre a aluminium, par **H. Marchand** 445

Aperçu sur la commande électrique des trains de laminoir (*suite*), **A. Lafont** et **L. Barbillion** 447

Académie des sciences. — *Séance du 4 août* 1913 : Méthode de la vérification des réflecteurs optiques par **M. J. Rey** . . . 459

Séance du 11 août 1913 : Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en télégraphie sans fil, par **E. Rothé** et **Guéritot** 459

Séance du 18 août 1913 460

Revue de la Presse. — *Mesures* : Facteur de puissance des moteurs triphasés avec phases non équilibrées. — *Moteurs thermiques* : Essais sur un moteur à explosion. Utilisation des combustibles inférieurs 460

Brevets d'invention. 462

INFORMATIONS

La Commission électrotechnique internationale. — Le 1er septembre dernier a eu lieu à Berlin la seconde réunion plénière de la Commission électrotechnique internationale. 70 délégués de 25 nations dont 5 de langue espagnole étaient présents.

En l'absence du professeur Budde, président de la Commission, retenu chez lui par une maladie, le Dr Warburg, président de la *Physikalische technische Reichsanstalt*, ouvrit la séance, et, après lecture des rapports du Président et du Secrétaire honoraire, conformément à ses habitudes, la Commission se réunit en assemblée officieuse, afin de n'avoir à prendre que des décisions sans discussions dans son assemblée officielle. Les réunions officieuses furent présidées par M. Mailloux. Le travail avait d'ailleurs été préparé de longue main par des comités spéciaux internationaux, nommés à la réunion de Turin de 1911 et qui se réunirent à Paris en mai 1912, à Zurich en janvier 1913, et à Berlin avant la réunion plénière de la Commission.

Avant chaque séance officielle chaque comité se réunissait pour discuter et s'entendre définitivement sur les questions qui seraient présentées. M. Silvanus Thompson présida le comité de la nomenclature, le Dr Strecker celui des symboles, M. Huber-Stockar celui des spécifications et le Dr Zoelly celui des moteurs primaires.

Nomenclature. — Une liste de 80 mots et définitions en langues française et anglaise fut adoptée, on reconnut la nécessité d'indiquer sur la liste les mots équivalents en langues espagnole et allemande.

Spécifications concernant le cuivre. — M. le Dr Warburg présenta en personne un rapport sur une spécification internationale exacte du cuivre, après une consultation et une entente des grands laboratoires nationaux d'Amérique, d'Allemagne, d'Angleterre et de France. Cette entente aurait pour résultat de donner pour le cuivre des tables identiques dans tous les pays.

Terminologie. — Un certain nombre de définitions relatives à la terminologie des installations hydrauliques ainsi que des machines électriques furent adoptées; il fut convenu qu'il serait spécifié que l'origine de ce travail était due à l'initiative des nations intéressées.

Symboles. — Une liste de 36 symboles fut adoptée en même temps qu'une série de règles pour leur emploi. Le nom de « Siemens » au lieu de « mho » fut indiqué pour désigner l'unité pratique de conductance, cette proposition sera soumise à la ratification du Congrès de San-Francisco en 1915.

Spécification des machines électriques. — La spécification des machines électriques fut la seule question longuement discutée ; tandis que l'on fut assez facilement d'accord pour les températures limites que devaient atteindre les divers organes des machines électriques, on ne fut pas fixé sur celle que l'on devrait choisir comme température ambiante

conventionnelle; certains conseillaient de prendre 40° C, d'autres 35°. Il est évident que cette température dépend des conditions géographiques et que si la valeur de 40° est raisonnable pour certains pays chauds tels que l'Egypte, elle ne l'est plus en Suède. Son adoption générale obligerait les constructeurs à faire des machines trop coûteuses pour les pays froids. Les avis étant partagés, on décida que la question serait soumise aux comités nationaux, et discutée au Congrès de San-Francisco en 1915.

La décision prise comprend encore des recommandations sur les manières de déterminer les températures ambiante et des organes de machines, les coefficients à adopter, correction, etc., les indications à spécifier pour la commande des machines, sur les plaques, etc.

Nous donnerons ultérieurement et in-extenso la teneur même de toutes ces décisions quand elles auront été publiées par la Commission électrotechnique internationale et nous nous bornerons pour aujourd'hui à ce court résumé.

Bien qu'il n'y paraisse pas au premier abord, le Comité Electrotechnique français a pris une très grande part à la préparation de ce travail. Ayant terminé le premier son vocabulaire électrotechnique qu'il déposa sur le Bureau à la réunion de Turin, celui-ci fut d'une grande aide dans la suite. Presque tous les symboles adoptés et les règles les concernant sont ceux qu'il présenta à la réunion officieuse de Bruxelles 1910, à celle de Turin 1911 et à la réunion du Comité spécial de Paris 1912. Enfin la teneur même des décisions concernant les spécifications de machines est à peu près celle des décisions de la réunion du Comité spécial de Paris 1912.

A la réunion du Conseil de la Commission qui suivit la réunion officielle M. Maurice Leblanc fut nommé à l'unanimité président de la Commission internationale jusqu'en 1915 et le colonel Crompton réélu secrétaire honoraire.

On décida également d'adjoindre aux listes de termes électrotechniques des traductions en langues allemande et espagnole.

A la fin de ses travaux la Commission reçut un télégramme cordial du Kaiser en réponse à un message qu'elle lui avait envoyé. Tous les membres de la Commission internationale s'accordèrent pour reconnaître l'aimable hospitalité qu'ils avaient reçue et la grande courtoisie ainsi que les prévenances dont ils avaient été entourés tant à Berlin que dans les excursions qui accompagnèrent la réunion. A. S.

Influence du courant sur une flamme. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 22 mai). — Il y a quelques années, M. Thieme, de Berlin, a constaté qu'il se produit de la suie à la partie supérieure d'une flamme, celle d'une bougie ordinaire par exemple, quand deux fils, reliés respectivement aux pôles d'une bobine d'induction, y sont disposés à une petite distance l'un de l'autre. Ayant entrepris des expériences avec diverses sources d'électricité, M. Thieme a constaté que le phénomène se produit toutes les fois que la tension entre fils dépasse 12 volts et qu'il passe un courant excessivement faible, l'intensité est par exemple de 10^{-5} ampères pour une tension de 220 volts.

Quand on emploie du courant continu, il se dépose sur le fil relié au pôle négatif du noir de fumée, de forme arborescente, qui arrive à relier les deux fils. M. Thieme a breveté un procédé de fabrication de noir de fumée basé sur ce principe.

Le dispositif peut donc servir de chercheur de pôle (en pratique on fera bien alors d'intercaler une lampe à incandescence dans le circuit).

Dans le cas où le courant provient d'une machine, il se dépose également un peu de noir de fumée sur le fil relié au pôle positif, car celui-ci n'est pas tout à fait sans ions négatifs.

Si au lieu de courant continu on emploie du courant alternatif, il se dépose du noir de fumée sur chacun des fils, et ces dépôts de forme arborescente ont des branches et des pointes extrêmement fines qui se mettent à vibrer à la fréquence du courant; on peut s'expliquer cette vibration en considérant que l'on a, en somme, affaire à des conducteurs parcourus par un courant, placés dans le champ magnétique terrestre, de sorte que les actions exercées par celui-ci changent de sens à chaque inversion du courant et que le fil vibre.

On peut donc mesurer facilement la fréquence du courant en prenant un petit moteur à vitesse variable, entraînant un disque muni de fentes radiales, symétriquement disposées; on fait varier la vitesse du moteur jusqu'à ce que, en regardant les petites pointes de noir de fumée, celles-ci paraissent immobiles.

Il passe alors par seconde devant l'œil, autant de fentes radiales qu'il y a de vibrations dans le même temps, c'est-à-dire que la fréquence est égale à ce nombre de fentes. On peut donc déduire cette dernière de la vitesse du moteur, que l'on mesure avec un compte-tours ou un tachymètre et du nombre de fentes dont est muni le disque.

Quand le courant passe, la flamme change instantanément d'aspect, elle se raccourcit et s'élargit vers la base. Le dispositif peut donc être employé comme galvanoscope, et son utilisation est particulièrement avantageuse dans le cas de hautes tensions.

Le dispositif peut également être utilisé comme récepteur de télégraphie, en interrompant le courant et en le rétablissant pendant des durées plus ou moins longues, on peut reproduire les signaux Morse et cela à des distances où une lampe à incandescence ou une sonnerie ne pourraient plus fonctionner.

Comme l'intensité est infime, les conducteurs peuvent être excessivement fins. M. Thieme propose d'utiliser le système pour la télégraphie militaire; la troupe pourrait au besoin abandonner les fils sans grand inconvénient, lors d'un déplacement. Un fil de 0,1 mm de diamètre suffit pour des communications à 10 ou 20 km. F. L.

Statistique des usines et des chemins de fer électriques en Autriche, Bosnie et Herzégovine. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 22 mai.) — La statistique des stations centrales autrichiennes, que publie annuellement la Société électrotechnique de Vienne, a été complétée, cette année-ci, par l'indication des chemins de fer électriques.

La statistique contient des données sur 854 stations centrales publiques autrichiennes existant au 1er janvier 1912 (740 au 1er juillet 1911) avec une puissance totale de 457 010 kw (378 756 en 1911). Le nombre des centrales a doublé depuis 6 ans et leur puissance a triplé.

Ces usines desservent 2000 localités (1550 en 1911).

335 de ces usines appartiennent à des municipalités et 519 à des sociétés ou à des particuliers; 246, presque la moitié de ces dernières, sont des annexes de fabriques, moulins, scieries, mines, etc. 48 des usines fournissent du courant pour la traction.

La statistique des chemins de fer comprend 64 lignes ayant une longueur en exploitation de 1059 km; 3 de ces lignes, d'une longueur totale de 70 km, sont à courant alternatif.

309 de ces usines sont à courant continu avec accumulateurs: la puissance des machines est de 59045 kilowatts, celle des accumulateurs de 12818 kilowatts. 102 usines à courant continu d'une puissance de 6653 kilowatts n'ont pas d'accumulateurs.

Les usines à courant alternatif, au nombre de 285, ont une puissance de 172 292 kw; celles à courant continu et à courant alternatif, ont une puissance de 159 945 kw et des batteries d'accumulateurs d'une puissance de 17 385 kw.

Il y a 575 usines avec moteurs hydrauliques, 158 avec

moteurs à vapeur et 104 avec moteurs à explosion; 96 ont des moteurs à vapeur et hydrauliques et le reste a divers genres de moteurs; 45 entreprises reçoivent le courant d'usines étrangères.

La puissance totale des turbines hydrauliques est de 246275 chevaux, celle des machines à vapeur de 569146 chevaux, celles des moteurs à explosion de 51654 chevaux

Il y a actuellement 21 installations à des tensions comprises entre 20000 et 40000 v.

Les usines desservent environ 5 millions de lampes à incandescence absorbant une puissance de 250000 kw, 45500 lampes à arc; 650000 moteurs fixes d'une puissance totale de 11200 kw. Les appareils de chauffage absorbent 11200 kw et les moteurs de traction 108650 kw. F. L.

Étude du magnétisme terrestre dans le Sahara. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 15 mai.) — La section de l'Institut Carnegie de Washington, qui s'occupe du magnétisme terrestre, a envoyé MM. Berky et Savoyer dans le Sahara pour y faire des recherches. Les deux savants partiront de Biskra avec une caravane, pour se rendre dans le désert; on pense que leur voyage durera 4 ou 5 mois. F. L.

Freinage à distance des trains. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 14 août.) — Dans un rapport, M. le Dr Edelmann, ingénieur en chef du laboratoire industriel bavarois à Nuremberg, mentionne que le ministère des voies et communications s'intéresse vivement au freinage à distance sans fil, des trains de chemin de fer, par le procédé Wirth, et qu'il est entré en relations avec le laboratoire Wirth, Beck et Knauss de Nuremberg, qui est possesseur de brevets et a construit les appareils.

On a fait dernièrement des essais sur la ligne Nuremberg-Gräfenberg, et une station d'envoi était installée à la gare nord-est de la première ville.

Ainsi que le dit M. Edelmann, tous les essais de freinage et d'envois de signaux ont réussi, dès le premier moment; les appareils n'ont pas été influencés par les secousses, et même quand les signaux envoyés étaient en trop grand ou en trop petit nombre, ils ont bien fonctionné.

Les dérangements atmosphériques et les ondes étrangères ont été sans aucune influence, et l'ensemble de l'installation présente dès maintenant la sécurité que l'on est en droit d'exiger en semblable matière.

Le freinage était très doux et durait 29 secondes, jusqu'à l'arrêt complet; les appareils peuvent aussi être disposés de manière qu'il soit beaucoup plus énergique et plus rapide. F. L.

Résultats du contrôle de l'État sur la télégraphie sans fil en Amérique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juin.) — Dans les quatre mois qui ont suivi la promulgation de la loi sur le contrôle de la télégraphie sans fil, par le gouvernement, en Amérique, c'est-à-dire depuis le 15 décembre 1912, on a autorisé l'installation de 46 stations à bord de navires, de 18 stations côtières et de 658 stations d'amateurs. On a vérifié les appareils lors du départ d'environ 1500 vapeurs.

Le gouvernement a donné des licences à 3407 agents de télégraphie sans fil, dont 1279 de 1re classe, 186 de 2e classe se destinant à des recherches et à l'enseignement et 1185 à des propriétaires amateurs. F. L.

La télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juin.) — Neuf nouveaux États ont adhéré à la convention internationale pour la télégraphie sans fil et en outre les États-Unis, la Grèce, l'Italie et l'Uruguay ont ratifié définitivement l'accord de sorte que cette convention est actuellement mise en vigueur par 54 États. Le nombre des stations de télégraphie sans fil était, à la fin de 1912, de 2280 (1740 à la fin de 1911) dont 1908 à bord de navires.

Le tableau suivant indique le nombre de stations des États qui en ont plus de 50.

	Nombre de stations	
	Côtières.	A bord de navires.
Grande-Bretagne et colonies	77	845
Allemagne et colonies	25	567
France et colonies	50	219
Italie et colonies	24	124
Japon	7	94
Pays-Bas et colonies	12	74

F. L.

Surtensions. (*E. T. Z.*, 19 juin 1913.) — M. Linke vient d'étudier les surtensions qui apparaissent au moment de l'ouverture ou de la fermeture d'un circuit. Il a examiné, comme cas particulier, le cas d'une machine que l'on branche sur un câble.

Si L est le coefficient de self et C la capacité, la vitesse de l'onde dans le câble sera $v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Il trouve que l'onde réfléchie se compose de deux parties pour chaque conducteur, la première est proportionnelle à l'onde propre du conducteur, l'autre partie au contraire est proportionnelle à l'onde de l'autre conducteur à l'endroit de liaison.

A l'aide de déductions mathématiques, l'auteur étudie une série de combinaisons; il examine le cas du couplage d'un transformateur sur un alternateur, avec ou sans canalisation intermédiaire, pour différentes positions de l'interrupteur.

Ce sont surtout les bobines extrêmes du générateur qui sont exposées aux surtensions; celles-ci peuvent être rendues inoffensives en fermant le circuit au travers d'une résistance de protection et d'un interrupteur secondaire. F. H.

Pétrole et électricité. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juillet.) — La *Gazette de Francfort* ayant traité l'éclairage électrique d'éclairage de luxe, M. E. Schneider, ingénieur en chef du Bureau allemand pour la propagation de l'emploi de l'électricité, lui a répondu en montrant qu'au contraire l'éclairage électrique devient de jour en jour plus populaire. D'après les chiffres donnés par M. Schneider, il y avait, le 31 mars 1912, en Allemagne, 65 millions de lampes électriques, 25,8 millions de becs de gaz, et 25 millions de lampes à pétrole; ces chiffres doivent être exacts, car en Allemagne il y a un impôt sur les appareils d'éclairage.

Le nombre de lampes électriques augmente tous les jours, tandis que le pétrole est de moins en moins employé, comme le montre la statistique officielle. On a importé en Allemagne 1016351 tonnes de pétrole en 1908, et seulement 955842 tonnes, en 1911; la dépense de pétrole par tête d'habitant a passé de 18,5 kg, en 1904, à 14,4 kg en 1911. F. L.

Avantages de la cuisine électrique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juillet.) — M. T. P. Wilmshurst a fait, à la Société des Ingénieurs électriciens de Birmingham, une conférence sur la cuisine électrique, qui se répand de plus en plus en Angleterre.

Tandis que dans un four à gaz, pendant la cuisson, le morceau de viande se trouve en contact avec une atmosphère contenant les produits de la combustion du gaz et peut contracter une mauvaise odeur, cela n'a pas lieu dans un four électrique, et l'on peut constater que le rôti a meilleur goût, c'est ce qu'a reconnu le public, à Derby où, à la suite d'essais, 50 consommateurs ont adopté la cuisine électrique, dans les deux mois qui ont suivi, tandis qu'auparavant il n'y en avait que 2 qui usaient de ce mode de chauffage.

On peut en outre considérer comme un avantage de la cuisine électrique la précision des résultats, la tension ne varie pas

(tandis que la pression du gaz varie), de sorte que la cuisinière peut se contenter d'observer le temps de cuisson, sans être obligée de retirer de temps à autre les plats du feu, pour les examiner.

Un grand avantage également est la diminution moindre du poids des mets, dans le cas de cuisson électrique, comme le montre le résultat d'essais faits à Derby.

	Poids brut.	Poids après cuisson.	Perte de poids en pour 100.
A. *Fourneau à charbon* :			
Roastbeef	3,5	1,93	41.5
Gigot de mouton	1,82	1,28	29.7
Jambon	5,00	3,00	39,6
Marmelade d'orange	8.2	6,1	25,0
B. *Fourneau à gaz* :			
Roastbeef	1,42	1,08	24.0
Gigot de mouton	3,74	2,73	27,3
C. *Fourneau électrique* :			
Roastbeef	2,33	2,03	12,2
	2,73	2.44	10.4
Gigot de mouton	4,12	3,46	15,8
Jambon	4,76	4,1	14,3
Marmelade d'orange	7.7	6.25	17,0

Un charcutier de Derby cuit chaque semaine en moyenne 30 jambons. Pendant les six derniers mois il a employé un four électrique ayant comme dimensions intérieures 480 × 710 × 400 mm. Il a fait une telle économie de viande qu'elle a compensé les dépenses d'énergie électrique, à 10 centimes par kw-h. La diminution de poids, qui, dans le four à charbon, était en moyenne de 40 pour 100, a été réduite à 20 ou 25 pour 100 dans le four électrique. F. L.

Choix de la tension pour l'éclairage des communes rurales. (*Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins*, n° 16, 1912, p. 238.) — L'auteur déconseille beaucoup la tension de 220 volts pour l'éclairage, tandis qu'il la préconise pour les moteurs.

Cela est facile à réaliser en utilisant le point neutre du transformateur, on obtient en effet une tension de phase de 120 v pour une tension composée de 210. Pour pouvoir employer les types normaux de moteurs l'on prendra une tension de 127 v ou 220 composée.

L'on calcule que le prix de revient de l'installation pour 220 v n'est que légèrement plus faible que celui à 110 v. Par exemple dans une commune rurale, il fallait un capital de 18 750 francs pour une installation à 110 volts, pour la même installation à 220 volts cette somme se réduisait de 3120 francs, soit une diminution de 17 pour 100. Si l'on suppose un intérêt de 7 pour 100, l'économie annuelle pour la centrale sera de : 0,07 × 3120 : 214 francs.

La valeur moyenne d'une installation de 1000 lampes est de 18 700 francs. L'auteur admet que 1000 lampes à incandescence de 16 bougies sous 110 volts consomment pour 3750 fr de courant, le tarif étant de 62,5 centimes le kw-h.

Pour 220 volts, la consommation est de 20 pour 100 plus élevée, ce qui fait 750 francs de dépenses supplémentaires pour les abonnés.

Avec 110 volts, on doit remplacer environ 200 lampes par an; avec 220 v, on peut calculer sur 300 lampes. Cela fait une dépense de 414 francs en plus pour le réseau à 220 volts.

L'auteur calcule encore les dépenses supplémentaires en réparations, pour 220 volts et il arrive à 125 francs, de sorte que l'excédent est de 750 + 414 + 125 = 1289 francs par an pour une économie de 214 francs pour la centrale.

Ceci a été vérifié pour 19 centrales rurales. Les frais d'installation des réseaux avec les branchements particuliers, s'élevèrent pour les tensions 210/120 v à 230 000 francs, et à 199 200 francs pour les tensions 380/220 v, soit une différence de 15 pour 100 en moins. En comptant 7 pour 100 d'intérêt et d'amortissement la compagnie gagnerait 30 400 × 0,07 = 2130 fr.

L'on voit que dans ce cas la haute tension serait à éliminer à plus forte raison.

Il y a pourtant des communes dont les habitations sont très dispersées; dans ce cas, les tensions 210/120 ne seraient guère convenables. F. H.

De l'influence des rayons sur le téléphone. (*Annalen d. Phys.*, n° 39, 1912, p. 1625.) — M. Grotrian n'ayant obtenu aucun résultat dans ses recherches sur l'effet démagnétisant des oscillations de l'éther sur un aimant placé dans une bobine connectée à un galvanomètre, il a pensé faire les mêmes expériences à l'aide d'un téléphone.

En éclairant une plaque téléphonique, il obtint des déviations sensibles au galvanomètre balistique. On pourrait croire que la perméabilité de la membrane varie à cause de l'élévation de température et que la variation d'induction qui s'ensuivrait ferait apparaître une force électromotrice dans la bobine du téléphone. Pourtant l'auteur ne pense pas que cet effet thermique existe réellement; l'élévation de température pourrait tordre la plaque, les observations ont montré que, vu les effets produits, la plaque devrait se tordre vers l'intérieur; or des essais d'échauffement ont établi que la plaque chauffée se tordait vers l'extérieur.

Des essais furent faits avec des sources lumineuses diverses et l'auteur a trouvé que les rayons ultra-rouges du spectre avaient le plus d'effets. F. H.

CORRESPONDANCE

Sur un phénomène d'ionisation.

MONSIEUR LE RÉDACTEUR EN CHEF DE *L'Industrie électrique*.

Je viens de lire dans *L'Industrie électrique*, n° 521, du 10 septembre 1913, page 394, un article sur un curieux phénomène d'ionisation.

M'étant demandé si les lampes à arc étaient reversibles, j'ai, en 1911, procédé à l'expérience suivante :

J'ai chauffé sur un feu de coke les extrémités de deux charbons de lampe à arc légèrement écartés. Deux conducteurs partant de ces charbons plongeaient dans l'eau acidulée. Quand l'extrémité des charbons a été amenée au rouge cerise très clair, il s'est formé quelques bulles sur les conducteurs. J'en ai conclu qu'il y avait production d'un faible courant.

Cette expérience a été reprise dans un petit laboratoire. Chauffés dans un four électrique donnant seulement 1200°, les charbons reliés à un galvanomètre trop peu sensible, le résultat a été négatif et les expériences, à mon regret, abandonnées.

J'ai constaté, avec plaisir, à la lecture de l'article susmentionné, que ma thèse était exacte et que peut-être, à l'avenir, cette découverte aura une utilité pratique.

Je serais très honoré de recevoir, si vous le jugez à propos, les observations qu'aura pu vous suggérer ma lettre.

Veuillez agréer, etc.

E. MARTIN.

NOTES

SUR

LE PARAFOUDRE A ALUMINIUM

L'introduction du parafoudre à aluminium dans la pratique date de sept à huit ans; depuis, des centaines d'applications ont été réalisées dans toutes les parties du monde. L'expérience n'a pas fait modifier les dispositions essentielles de l'instrument; mais elle a amené l'adjonction au parafoudre même de dispositifs auxiliaires spéciaux et elle en a perfectionné la construction et l'installation; ce sont les progrès réalisés à ces deux points de vue que nous nous proposons d'examiner ici d'après d'importants travaux publiés en Amérique (1). A

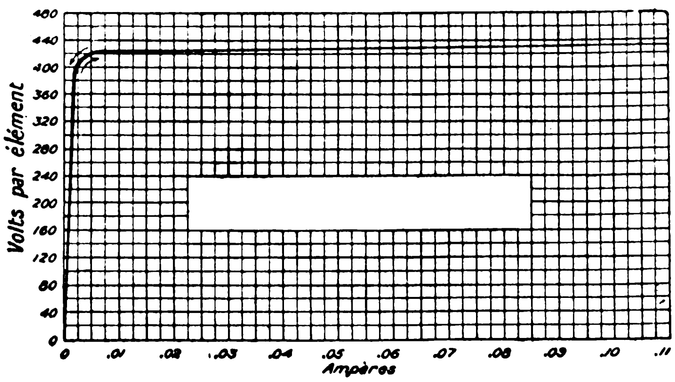


Fig. 1. — Courbe du courant continu à travers un élément à aluminium.

défaut de termes significatifs dans la terminologie française, nous emploierons pour les divers instruments des désignations traduisant littéralement les termes originaux.

Caractéristiques de l'élément à aluminium. — Les

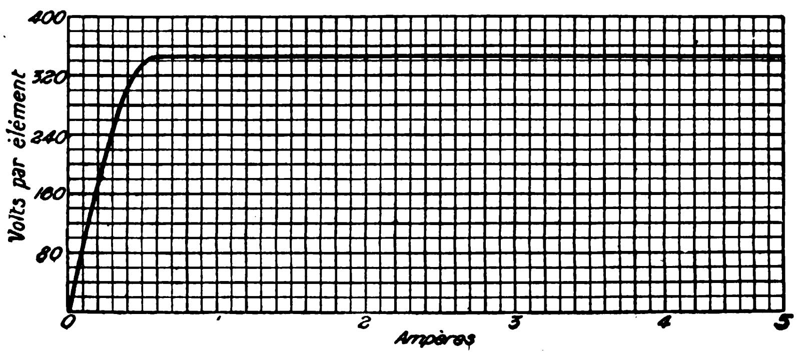


Fig. 2. — Courbe du courant alternatif dans le même élément.

caractéristiques électriques de l'élément à aluminium sont illustrées par les figures 1 et 2, respectivement pour le courant continu et pour le courant alternatif; les valeurs absolues des intensités constatées dépendent naturellement de la grandeur de l'élément et de la nature de l'électrolyte, mais l'allure des courbes ne se modifie pas sensiblement d'un élément à l'autre.

Sur la figure 1 on voit que, pour le courant continu, la tension critique permanente de l'élément est de 420 volts environ; pour le courant alternatif, elle est de 334 à 360 volts, comme on le voit à la figure 2.

On sait que la tension critique n'est pas tout à fait fixe, en ce sens que, si l'élément est soumis à une tension constante inférieure à la tension critique normale permanente, la pellicule d'oxyde ne se maintient pas à l'épaisseur qu'elle a pour cette dernière tension; aussi lorsqu'il arrive que la tension appliquée augmente brusquement, l'élément livre passage momentanément à un à-coup de courant. La pellicule se reconstitue rapidement; mais l'élément possède en fait, indépendamment de la tension critique permanente, une tension critique temporaire. Le rétablissement de la pellicule demande ordinairement quelques secondes; en pratique, on emploie toujours un nombre d'éléments tel que chacun soit soumis à une tension voisine de 300 volts, c'est-à-dire légèrement inférieure à la tension critique permanente.

L'efficacité de l'instrument vis-à-vis des coups de foudre ne dépend pas seulement de cette propriété de la pellicule, mais encore de ce que, celle-ci se comportant comme un diélectrique, l'élément devient un condensateur remarquablement approprié à la transmission des courants de haute fréquence, comme le sont ceux qui constituent la décharge de la foudre.

Dissolution de la pellicule. — La pellicule est formée de deux parties : une première partie est dure et insoluble et sert en quelque sorte de squelette à la seconde partie qui est plus soluble; il semble que celle-ci soit composée de gaz à l'état liquide; elle se dissout lorsque l'élément est mis hors de circuit, de sorte que, si la tension vient à être appliquée à l'instrument, il se produit un à-coup de courant. Cet à-coup est d'autant plus intense que le chômage a été plus long; la dissolution est heureusement assez lente pour qu'il ne soit pas appréciable si l'interruption ne dépasse pas un jour; si le délai a été plus long, l'à-coup peut être assez accentué pour échauffer dangereusement l'élément et pour faire sauter les interrupteurs à l'usine. Les instruments sont munis de dispositifs qui permettent de les relier jour-

(1) E. E. F. Creighton, Recent development related to protective apparatus. *General Electric Review*, juin 1912, p. 382, et juillet 1912, p. 429. — R. T. Wagner. Construction, installation and maintenance of aluminium arresters and their auxiliaries. *General Electric Review*, janvier 1913, p. 35, et février 1913, p. 101.

nellement au circuit pour reconstituer la pellicule. On a essayé beaucoup d'électrolytes; avec aucun la pellicule n'est complètement soustraite à une dissolution graduelle.

Construction générale. — Nous décrivons spécialement ci-après la construction des parafoudres pour circuits triphasés; celle des autres systèmes n'en diffère que par la disposition des « intervalles » ou « éclateurs » à cornes et par le mode de groupement et d'espacement des éléments.

Eléments. — Les cônes concentriques renversés qui constituent l'arrêteur (déchargeur ou parafoudre à aluminium) sont espacés de 7,5 millimètres dans les appareils destinés aux tensions allant jusque et y compris 27000 volts, et 10,62 mm pour les appareils destinés aux tensions supérieures; l'électrolyte remplit partiellement l'intervalle.

La pile de cônes est placée dans un réservoir cylindrique en acier soudé, rempli d'huile; les cônes sont isolés l'un de l'autre; l'huile maintient l'isolement et empêche l'évaporation de la solution. La pile est isolée de la cuve par un cylindre isolant; ce cylindre active la circulation du liquide; celui-ci absorbe aussi le calorique dégagé et contribue à permettre à l'élément de supporter des décharges prolongées.

Dans les installations polyphasées, il y a une colonne d'éléments pour chaque phase; si le neutre est mis à la terre, un arrêteur est en outre inséré sur le fil de terre.

Pour les installations jusqu'à 7250 volts, les arrêteurs

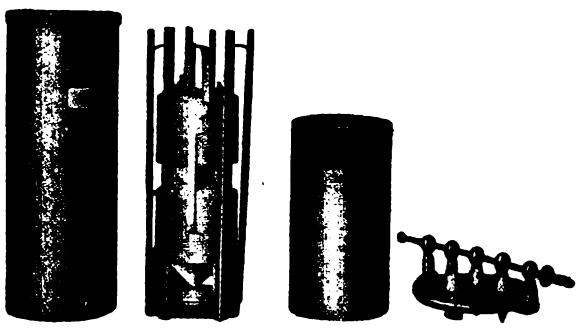


Fig. 3. — Parafoudre jusqu'à 7250 volts.

sont montés dans une même cuve (fig. 3); au delà de cette tension, chaque colonne est placée dans une cuve séparée.

Dans les arrêteurs pour les tensions supérieures à 27000 volts, on a augmenté les intervalles entre les éléments parce que ces instruments sont habituellement employés sur des lignes de transmission. Des surtensions se produisent fréquemment dans ces installations, particulièrement aux sous-stations, lorsque l'usine génératrice est brusquement déchargée: en augmentant l'intervalle entre les éléments, ce qui accroît la quantité d'huile qu'ils contiennent, on met le déchargeur à même d'absorber des quantités de chaleur plus grandes et, par conséquent, de supporter des décharges d'une certaine durée; dans le même but, on a augmenté la capacité des cuves et leur surface de rayonnement.

Dans les appareils à haute tension, où le nombre des éléments est grand, des tringles allant du haut en bas maintiennent les plateaux et les cuves.

Éclateurs à cornes. — Les éclateurs mis en série avec les déchargeurs ont une triple fonction:

1° Ils empêchent l'établissement sur le déchargeur soumis à la tension normale, d'un courant qui échaufferait dangereusement les éléments;

2° Ils sont conditionnés de façon à pouvoir servir: *a*) comme interrupteur-séparateur pour isoler le déchargeur en vue des essais, des nettoyages, etc., ou *b*) comme

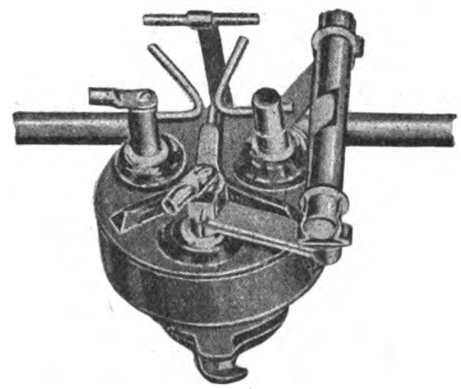


Fig. 4. — Eclateur de parafoudre jusqu'à 7250 volts.

conjoncteur, permettant de soumettre momentanément le déchargeur à la tension de ligne, pour assurer la conservation de la pellicule.

Deux types d'éclateur sont principalement employés: dans l'un il y a une résistance auxiliaire, pour la mise sous tension journalière du déchargeur; dans l'autre, cette résistance n'existe pas.

Pour les appareils jusqu'à 7250 volts (fig. 4), la fermeture de l'éclateur, en vue de la mise sous tension, se fait au moyen d'un système de pièces métalliques montées sur un axe isolant; il y a une pièce par déchargeur et les différentes pièces des déchargeurs d'un même circuit sont montés sur le même arbre; l'arbre en tournant amène les pièces contre l'éclateur. Pour mettre le déchargeur hors du circuit, il est fait usage de fusibles détachables. Les éclateurs, fusibles, résistances, etc., sont montés sur une charpente en tuyaux métalliques.

Pour les appareils à plus de 7250 volts, les éclateurs d'un même circuit sont montés sur une même carcasse en tuyaux de fer (fig. 5); chaque corne est fixée sur un isolateur à cloche. Dans chaque paire, l'un des isolateurs est monté rigidement sur la carcasse et l'autre isolateur peut tourner sur sa tige. Les trois isolateurs mobiles des différentes phases peuvent être déplacés simultanément; ils sont tenus dans la position normale, par un déclic.

Dans les types pour les tensions de 7250 jusqu'à 27000 volts (fig. 6) les isolateurs mobiles sont bloqués

contre le déclic par de forts ressorts en spirale ; on les déplace, pour court-circuiter l'instrument, au moyen d'une

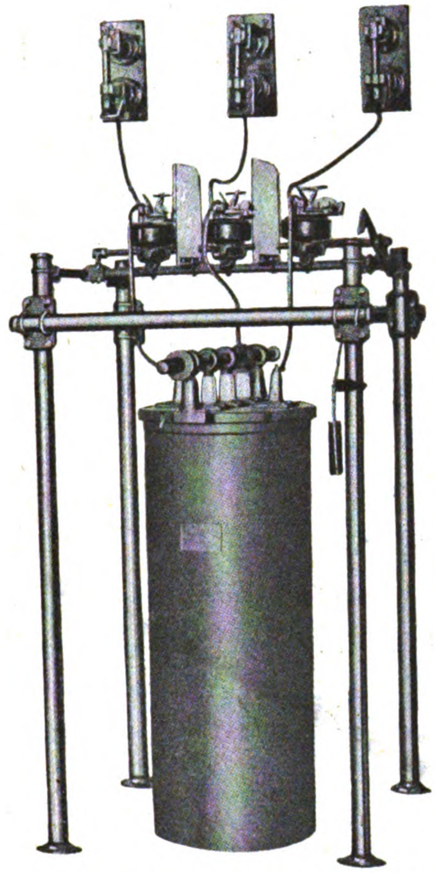


Fig. 5. — Parafoudre pour tensions supérieures à 7250 volts.

corde. Une seconde corde agit sur le déclic ; lorsqu'on

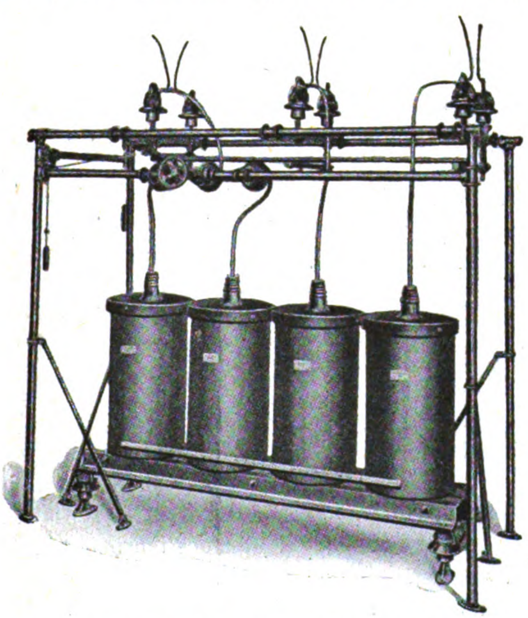


Fig. 6. — Parafoudres pour installations jusqu'à 27 000 volts.

la tire, celui-ci est dégagé et il permet aux isolateurs d'exécuter sur eux-mêmes, par l'effet des ressorts, un déplacement angulaire qui éloigne les cornes et met l'instrument hors de circuit. Pour rétablir le système, on exerce une traction sur la première corde. Afin de faciliter le réglage, les déclics sont montés sur un bloc commun, dont on peut modifier à volonté la position, sans mettre les cornes hors de circuit.

Dans les types pour les tensions de plus de 27 000 volts, l'une des tiges des isolateurs mobiles est prolongée de

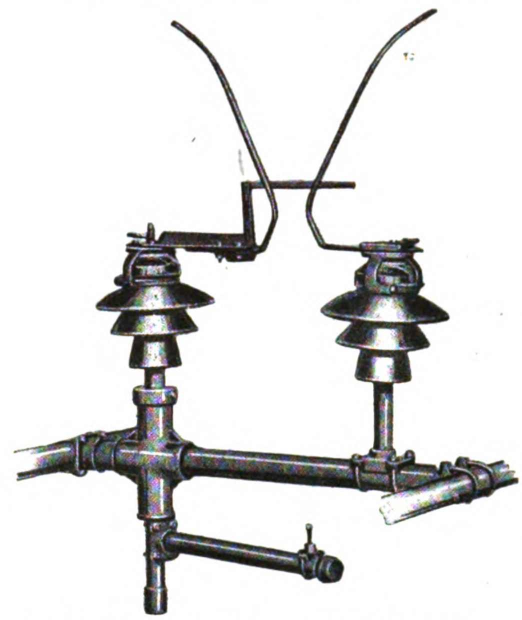


Fig. 7. — Appareil de mise en court-circuit de l'éclateur.

façon à venir à portée de la main de l'opérateur et elle est munie d'un levier de commande et d'un cliquet ; ce levier permet de déplacer à la fois les trois types, soit dans un sens (court-circuit) soit dans l'autre (hors circuit). On peut verrouiller le système dans la position normale ou dans la position de mise hors circuit ; le court-circuit s'établit au moyen de lames de cuivre (fig. 7).

Résistances. — L'emploi des résistances de mise en charge est indispensable pour les appareils qui sont connectés à des canalisations souterraines ou bien reliés directement aux barres omnibus ou à des lignes alimentées directement par les machines génératrices, sans transformateur intermédiaire. Il améliore le fonctionnement du déchargeur et il en garantit les cônes et l'électrolyte contre une destruction prématurée. Il limite l'intensité et modifie la courbe de la tension du courant de charge de telle façon que, même avec le téléphone le plus sensible, on ne perçoit pas le moindre effet du dit courant.

Dans les éclateurs à résistance, un éclateur auxiliaire (fig. 8) est monté au-dessus de l'éclateur principal et isolé de celui-ci de telle façon qu'il intercepte l'arc s'il arrive qu'il s'en produise un sur l'éclateur principal ; en série avec cet éclateur auxiliaire, est insérée une résistance suffisante pour que l'intensité du courant de charge soit toujours limitée à une valeur modérée ; on évite ainsi que des mécomptes se produisent par suite de négligence.

Le mode de fonctionnement de l'éclateur auxiliaire est le suivant :

1° Les décharges faibles se font toujours sur ce dispositif, en passant par la résistance et par le parafoudre.

2° Les décharges intenses rencontrent, du côté de la résistance, une impédance qui les refoule sur l'éclateur principal; la décharge s'établit facilement de ce côté parce que l'air est déjà ionisé.

3° Dans ce second cas, si le déchargeur est en bon état, la décharge n'est pas suivie d'un courant dynamique :

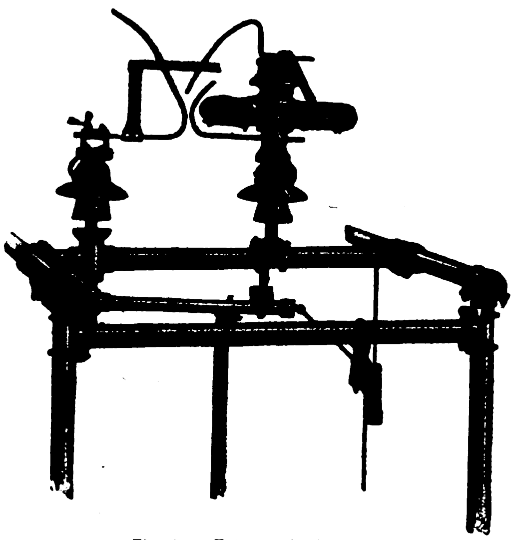


Fig. 8. — Eclateur à résistance.

s'il en est autrement, il se produit un courant dynamique, maintenant l'arc ; mais celui-ci est promptement amené sur l'éclateur de sûreté et il y est éteint par une résistance.

Parafoudres pour installations polyphasées. — Une distinction doit être faite entre les systèmes où le neutre est mis à la terre directement et ceux où il est relié par l'intermédiaire d'une résistance.

Dans un système triphasé où le neutre est mis à la terre, chaque déchargeur est soumis à la tension normale. Si l'une des phases vient à être accidentellement mise à la terre, les déchargeurs des autres phases sont soumis à la tension totale, c'est-à-dire à une tension supérieure de 75 pour 100 à la tension normale et de 50 pour 100 approximativement à la tension critique de décharge ; l'instrument est ainsi appelé à dissiper une énergie qui est d'autant plus grande que la puissance des générateurs est plus forte, que la résistance des éléments est plus grande et que la perturbation se maintient plus longtemps. La situation cesse au moment où les interrupteurs automatiques de l'installation déclanchent ; mais ce déclanchement s'opère d'autant plus tardivement que la résistance insérée sur la liaison du neutre avec la terre est plus grande : lorsque cette résistance est telle que le déclanchement ne soit pas instantané, il faut employer les déchargeurs que l'on utilise dans les installations à neutre isolé. Comme il est difficile de se rendre compte de ce qui en est, le mieux est de faire usage de ce genre de déchargeur en tout cas.

Dans les installations à neutre mis à la terre d'une façon positive, trois déchargeurs sont utilisés. Les colonnes d'éléments y sont mises à la terre par le plateau inférieur et par la cuve ; les colonnes sont placées dans une même cuve pour les appareils jusqu'à 7250 volts et dans des cuves distinctes au delà. Le plateau supérieur de chaque déchargeur est relié à la ligne par l'éclateur ; le bâti n'est pas isolé.

Dans les installations à neutre isolé, il y a quatre colonnes d'éléments ; elles sont connectées en multiple. Les trois premières sont reliées aux phases par leur bâti, et la quatrième est reliée à la terre ; on réalise ainsi la même protection pour les lignes entre elles qu'entre les lignes et la terre. Encore une fois les colonnes sont réunies dans la même cuve s'il s'agit d'appareils à moins de 7250 volts et montées dans des cuves distinctes pour les tensions supérieures ; mais les cuves sont montées sur un bâti isolant. Pour les deux premières colonnes la liaison est faite directement avec la ligne, sur un éclateur, bien entendu ; pour la troisième colonne connectée à la ligne, la connection est effectuée par l'intermédiaire d'un dispositif spécial, dit dispositif de transfèrement, et de l'éclateur ; le dispositif de transfèrement est également inséré sur la liaison de la quatrième colonne avec la terre.

Dispositif de « transfèrement ». — Le but du dispositif de transfèrement est de permettre d'échanger la colonne de la liaison de terre avec l'une des colonnes de ligne pendant les opérations de charge, de façon que les quatre éléments puissent être reconstitués régulièrement. Pour les appareils jusqu'à 7250 volts, ce dispositif consiste en un commutateur à fiche (fig. 5) ; pour les tensions supérieures, c'est un commutateur rotatif auquel on imprime un déplacement de 180° pour interchanger les liaisons entre l'élément de terre et l'élément de ligne auquel le premier est substitué. Jusqu'à 27 000 volts, le dit commutateur rotatif est monté, à l'aide de trois isolateurs, sur la charpente des déchargeurs et il est actionné au moyen d'un volant (fig. 6) ; au delà de 27 000 volts, il est placé sur les cuves et il est actionné par un volant qui y est relié par l'intermédiaire d'un renvoi à engrenages.

Déchargeurs intérieurs. — Les déchargeurs doivent être placés aussi près que possible des appareils ou de la station à protéger. L'idéal est de monter ensemble les cuves et les éclateurs, à l'intérieur de la station ; mais ce système n'est possible qu'avec des tensions modérées : pour des tensions d'une trentaine de milliers de volts (27000 d'après M. Wagner), il est nécessaire de placer les éclateurs au dehors ; ils sont alors montés sur une carcasse en tubes de deux pouces de diamètre, de façon à pouvoir être installés sur des tours en bois ou en acier, sur le toit de la station ou sur des consoles ; on les

dispose de manière à pouvoir mettre le levier de commande à portée de l'opérateur, avec la commande du dispositif de transfèrement.

Lorsque les éclateurs sont placés à l'intérieur, il faut les mettre à l'écart de toute partie qui puisse être endommagée par les arcs ; dans les conditions normales ceux-ci ne sont pas très développés, mais il peut arriver qu'ils aient beaucoup d'ampleur si les déchargeurs sont défectueux. La distance minima entre les éclateurs et toute pièce voisine doit être de 90 cm jusqu'à 16 000 volts, 1,20 m jusqu'à 37 900 volts, 1,80 m jusqu'à 70 000 volts; au delà de 70 000 volts, les éclateurs doivent être placés à l'extérieur.

Déchargeurs extérieurs. — Il est difficile de placer les déchargeurs à l'extérieur parce que l'électrolyte se congèle par le froid et que la pellicule se dissout si elle est exposée aux rayons du soleil. La congélation n'altère pas l'électrolyte, mais augmente la résistance intérieure et ralentit la décharge ; la dissolution de la pellicule entraîne des mises en charge fréquentes ; l'élévation de température rend le déchargeur moins apte à supporter des décharges prolongées.

On ne peut installer à l'extérieur que des instruments établis pour être employés dans ces conditions, avec garnitures et couvercles spéciaux ; on doit les placer de manière que le personnel de la station puisse en observer le fonctionnement ; en les montant il faut veiller à ce que ni eau ni poussière ne s'introduise dans le déchargeur.

Connexions. — Le système doit présenter le minimum d'inductance; les connexions doivent donc être aussi courtes que possible, ne pas présenter de courbes trop brusques et être formées de conducteurs de grande surface.

Le mieux est de faire usage de tubes en cuivre, dont le placement peut être effectué avec le maximum de perfection pour un prix donné ; on emploie aussi, pour aller du déchargeur à la terre, des rubans de cuivre.

Prises de terre [1]. — L'obtention d'une bonne prise de terre est un point capital. Le plus souvent, on emploie une plaque métallique que l'on enfouit à une profondeur de 1,50 à 3 m dans une fosse où on l'entoure de charbon de bois. Une meilleure disposition consiste à enfoncer dans le sol un certain nombre de tuyaux en fer de 25 cm de diamètre et 2 m de longueur en les réunissant électriquement entre eux au moyen d'un fil ou d'un ruban de cuivre ; le sol est imprégné de sel et soigneusement mouillé ; en outre on relie la prise de terre à la structure du bâtiment de la station, aux canalisations d'eau, aux rails de retour voisins, etc.

On réalise une prise de terre de ce genre au moyen de trois tubes à 2 m de distance l'un de l'autre, sur chaque façade de la station, et une prise supplémentaire à proximité du déchargeur, toutes les prises étant reliées entre elles.

De même, lorsque l'on dispose d'une plaque de prise de terre immergée, mais à quelque distance de l'installation, il est nécessaire de placer dans le voisinage de celle-ci une prise de terre à tubes, que l'on relie à la prise de terre principale. Dans tous les cas, la liaison entre le déchargeur et sa prise de terre doit en effet être aussi courte que possible.

Si l'on place des plaques de terre dans une eau courante, il vaut mieux les enfouir dans la vase que de les immerger dans l'eau ; les fonds rocailleux ne valent rien.

Les jonctions et les prises de terre doivent être vérifiées périodiquement, la vérification peut se faire par un essai de la résistance des prises de terre ; cette résistance ne peut être supérieure à une quinzaine d'ohms.

Tensions. — Dans une même installation, les déchargeurs de la centrale et des sous-stations doivent être établis pour une même tension ; les appareils de la sous-station sont susceptibles d'être exposés à la pleine tension aux moments où la charge est faible ou bien lorsqu'elle vient à être brusquement coupée.

H. MARCHAND.

[1] E. E. F. Creighton, Ground connection in lightning protective systems. *General Electric Review*, janvier 1912, p. 12, et février 1912, p. 66.

APERÇU

SUR LA

COMMANDE ÉLECTRIQUE DES TRAINS DE LAMINOIRS

(SUITE) [1]

Étude critique du système. — Un premier avantage de ce système de réglage sur tous les régulateurs mécaniques réside dans ce qu'il est instantané et très souple, puisqu'il peut être modifié à volonté. Ce n'est pas tout, dans l'inducteur série du moteur le courant varie de $-I_1$ à $+I_1$ d'où variation totale double de celle que pourrait normalement supporter l'enroulement série et par suite excellente utilisation du cuivre de cet enroulement. Cette considération, jointe à celle que l'excitation série ne fonctionne pas constamment en charge, mais seulement au moment de la surcharge, c'est-à-dire pendant un temps très court, permettra de calculer l'enroulement série très juste au point de vue densité de courant sans avoir à redouter un échauffement exagéré.

Remarque. — Pendant la marche à vide le moteur est monté à flux soustractif et on pourrait craindre qu'il ne

[1] Voy. *L'Industrie électrique*. n° 522 du 25 sept. 1913, p. 419.

vienne à s'emballer, car on sait qu'un moteur compound à flux différentiels est instable. (Voy. ci-dessous fig. 10 et 11 les caractéristiques électro-mécanique et mécanique d'un tel moteur). Une variation de vitesse produit un écart entre le couple moteur et le couple résistant, qui tend encore à accroître cette variation de vitesse, et le moteur cale ou s'emballe.

Dans le dispositif étudié cette éventualité ne peut se

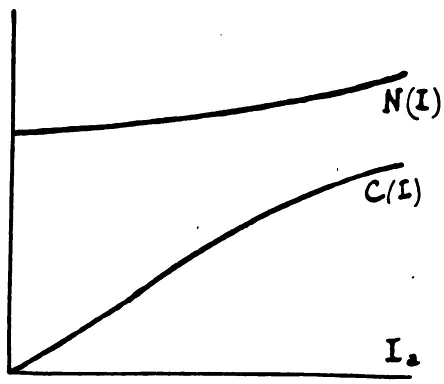


Fig. 10.

produire, et bien que le compoundage soit différentiel, comme il est spécial, la marche demeure stable. En effet, reportons-nous aux caractéristiques d'un tel moteur (fig. 12 et 13), on obtient une caractéristique C (N) tout à

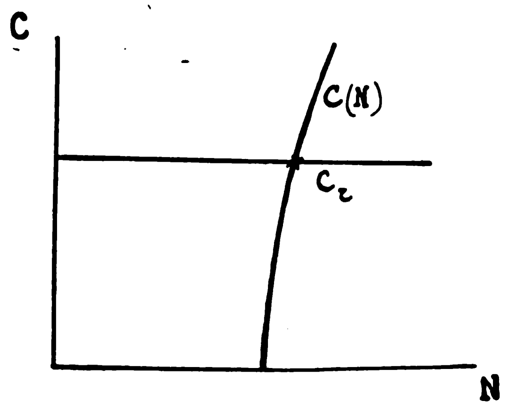


Fig. 11.

fait stable. La vitesse baissant quand le couple augmente, toute perturbation de vitesse met en jeu un déséquilibrage des couples C_m et C_r qui rétablit l'équilibre et la vitesse de régime.

Dans l'étude complète du fonctionnement d'un tel système, il conviendrait, en toute rigueur, de tenir compte de l'influence de la variation de vitesse sur le fonctionnement de la compoundeuse, ce qui se ferait facilement par approximations successives.

Laminoirs à commande électrique de la Grivegnée (Belgique). — En 1906, un laminoir double duo dégrossisseur et finisseur, traitant des lingots de fer ou d'acier de 200 kg pour les transformer en barres de 50 m de longueur environ (profils ronds ou carrés 10/25 mm), fut électrifié aux usines de la Grivegnée (Belgique), par la Compagnie Internationale d'Électricité de Liége, et, malgré la dureté des conditions imposées, la solution

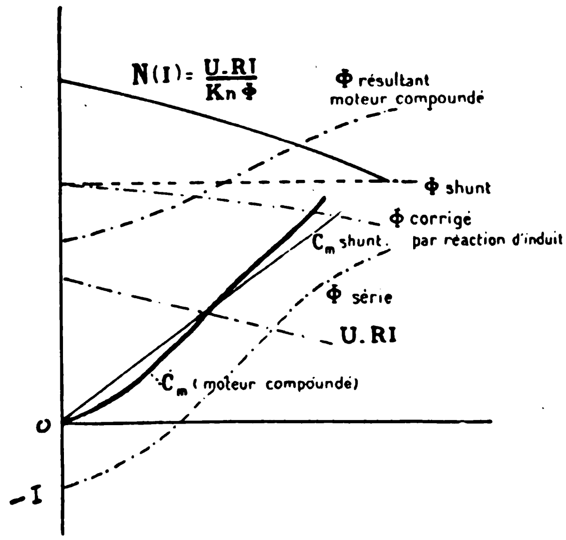


Fig. 12.

donnée au problème aurait complètement satisfait (aux mêmes usines cinq autres laminoirs furent électrifiés peu après).

Le laminoir électrifié se compose d'un dégrossisseur à une paire de cages de cylindres de 450 mm. Il est muni

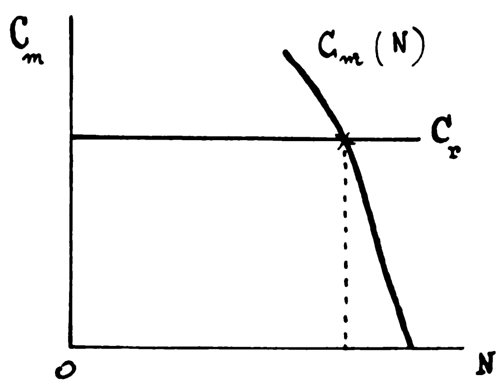


Fig. 13.

d'un releveur à main et actionné, avec interposition d'un embrayage à griffes, par une poulie à gorges en fonte, avec bras d'acier tournant à 107 t : min. max. d'un poids de 35 t. et ayant un moment d'inertie PD^2 de 1 260 000 kgm². Cette poulie est réunie au moteur par 10 câbles en chanvre de 50 mm de diamètre.

Le finisseur tournant 3 fois plus vite est attaqué directement par le moteur. Il comprend 6 paires de cages contenant chacune 4 cylindres de 180 mm d'axe, permettant le travail rapide des différents profils.

La dernière paire de cages sert au polissage des fers feuillards et absorbe le plus de puissance ; sur le train se trouve calé, par l'intermédiaire d'un embrayage à griffes, un volant en acier d'un poids de 17 tonnes ayant un PD^2 de 175 000 kgm². Le calage du volant est effectué

sur une partie cônique à l'aide d'un fort écrou embrassant l'arbre et d'une cale en 3 pièces. Les paliers sont à circulation d'eau et à graissage par huile sous pression complété par un graissage à bagues.

L'arbre du train actionne par l'intermédiaire de transmissions une série de cisailles placées près du laminoir et servant à enlever les extrémités déformées des barres.

Lors de la commande du matériel les conditions imposées furent les suivantes : Puissance du moteur en service continu, 450 chevaux ; en service intermittent 900 chevaux ; — vitesse, 220 t : min., pouvant être réduite de 25 pour 100 suivant nécessités de la fabrication ; — capacité de production d'au moins 40 tonnes par 24 heures.

Les conditions obtenues furent les suivantes :

Pour la marche à vide du train il est possible, en agissant simplement sur l'excitation shunt, de faire tomber la vitesse de 350 t : min. à 220 t : min., et ce presque

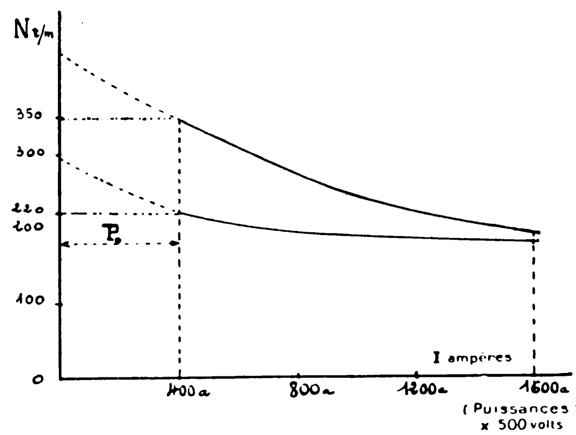


Fig. 14.

sans nuire au rendement. Avec la charge cette vitesse peut descendre vers 180 t : min. La figure 14 donne les caractéristiques électro-mécaniques N (I_a) de ce moteur, étant réalisées les vitesses de 350 et 220 t : min. à vide.

La vitesse de passage de la barre dans les cannelures finisseuses est de 4 mètres à la seconde à 300 t : min. A cette vitesse la durée de passage d'une barre de 50 m de longueur sera donc de 12 secondes. Avec une chute de vitesse de 20 pour 100 la puissance moyenne restituée par le volant pendant ce passage de la barre atteindra 3000 chevaux avec une vitesse initiale de 350 t : min. et 1100 chevaux à 250 t : min.

Le démarrage du train s'effectue en 2 minutes, l'intensité maximum absorbée étant de 1000 ampères.

Il résulte des essais effectués, que la production horaire d'un tel train atteint 4 tonnes et que la dépense d'énergie par tonne d'acier laminé est d'environ 50 kw-h.

Nous avons dit précédemment, au sujet du fonctionnement de l'égalisateur de puissance, que l'excitation série du moteur augmentait avec la puissance absorbée, mais pas proportionnellement au courant (plus rapidement). Il suffit pour s'en convaincre de jeter un coup d'œil sur le tableau ci-dessous résumant le fonctionnement du moteur de laminoir et de la compoundeuse installés à Grivegnée.

Moteur actionnant le train.

Intensité I_a (Induit) en ampères.	Intensité I_i (Inducteur série) en ampères.
100	— 720
200	— 480
400	0
600	+ 480
1200	+ 1820

(La marche à vide du train correspond à un courant absorbé de 400 ampères.)

Ce fait explique l'allure, nettement plus tombante que dans le cas d'une excitation purement série, de la courbe des vitesses en fonction de la puissance. Cette courbe (3) a été tracée en trait plein sur la même feuille que les graphiques théoriques (fig. 7). Elle montre que la valeur limite de la vitesse est obtenue avec ce dispositif pour une puissance *OC* inférieure à la puissance *OD* qu'il faudrait développer avec une simple excitation série.

Recherche de l'allure la plus avantageuse de la courbe de décroissance des vitesses [N f (I_a)]. — L'allure de la courbe N (I_a) obtenue, même avec égalisateur de puissance (courbe 2, fig. 15), n'est pas ce qu'il faudrait qu'elle fût pour procurer le maximum d'avantages.

En effet le moteur n'ayant besoin de l'aide du volant

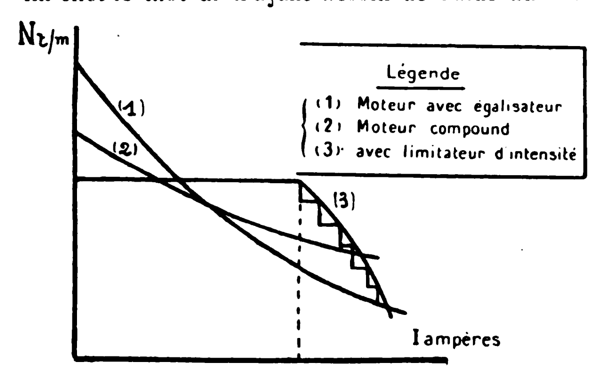


Fig. 15.

qu'aux fortes charges et la puissance du volant étant proportionnelle à $n \times \frac{dn}{dt}$, pour que cette puissance d'appoint ne diminue pas au moment où elle devient le plus nécessaire, il faut que le ralentissement $\frac{dn}{dt}$ soit d'autant plus important que la vitesse n est plus faible.

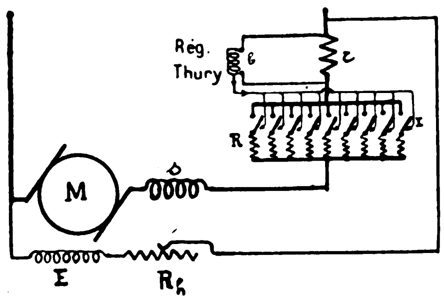
Il conviendrait donc de marcher jusqu'aux 2/3 ou 3/4 de charge à haute vitesse et d'obtenir ensuite une courbe de ralentissement qui, au lieu d'être concave vers le haut (courbe 2, fig. 15), dirige alors brusquement sa concavité vers le bas (courbe 3, fig. 15), de façon à permettre au volant de fournir son appoint.

1° *Modification de l'allure de cette courbe par l'emploi du dispositif dit limiteur d'intensité.* — Parallèlement

au compoundage on a recours au procédé général de réglage de la vitesse des moteurs (régulation rhéostatique de la tension aux bornes). C'est-à-dire que l'on insère dans le circuit principal du moteur une résistance dont la chute ohmique augmentant avec la charge diminue la tension aux bornes du moteur et par suite sa vitesse. Afin d'éviter une perte d'énergie continuelle, on n'intercale ces résistances qu'au moment où, la charge augmentant, on veut obtenir une baisse de vitesse.

La C. I. E. (Liége) a appliqué ce système, sous le nom de *limiteur d'intensité*, aux moteurs de laminoirs.

La figure 16 indique schématiquement le principe de ce dispositif. Les résistances *R* sont mises automatiquement en circuit, à mesure que l'intensité augmente, par



Limiteur d'intensité
Fig. 16.

des interrupteurs commandés électriquement à distance par un régulateur automatique (genre Thury) dont la bobine *b* est dérivée aux bornes d'un shunt *r* en série avec l'induit du moteur à régler.

Avec un tel appareil il est alors possible d'obtenir, par un réglage préalable, à partir d'une charge déterminée variable suivant le métal à travailler, une branche de courbe en escalier concave vers le bas analogue à la courbe 5 (fig. 15).

Un tel limiteur fonctionne d'une façon satisfaisante aux usines de la Providence, à Marchienne au Pont, dont nous étudierons plus loin l'installation des trains de laminoirs.

2° *Recherche de cette allure de courbe par réglage du courant de l'excitation shunt de la compoundeuse.* — La compoundeuse possédant une excitation différentielle et son enroulement série tendant à faire baisser la vitesse, du train, il semble logique qu'un renforcement convenable de son flux shunt permette de soutenir la vitesse, au moins tant que le courant absorbé n'est pas trop considérable.

Dans le but d'étudier expérimentalement l'action du flux shunt de la compoundeuse sur la courbe de ralentissement N (I_a), nous avons réalisé le système de la Compagnie Internationale d'Électricité (Liége) en nous servant de deux dynamos compound bipolaires du type Thomson-Houston (115 volts, 35 ampères, 1400 t:min.) appartenant au laboratoire d'essais de machines de l'Institut électrotechnique de Grenoble. Chacune de ces machines était accouplée à une dynamo de charge du type shunt Fabius Henrion (115 volts, 65 ampères, 1400 t:min.). L'une de ces dynamos, celle accouplée avec la dynamo compound choisie comme moteur compound à excitation spéciale, débitait sur un tableau de lampes, ce qui permettait de charger le moteur; l'autre, celle accouplée avec la machine compound tenant lieu d'égalisateur de puissance, tournait en moteur shunt, entrainant celle-ci à vitesse réduite. La résistance de réglage en série sur le circuit principal était constituée par un rhéostat vertical à curseur réglable de 35 ampères et 6 ohms de résistance maximum, du type de ceux utilisés au laboratoire de l'Institut de Grenoble.

L'excitation shunt du moteur compound étant maintenue constante et égale à 1,25 ampère, nous avons pu étudier successivement l'importance des divers réglages signalés plus haut.

a. Action sur la résistance du circuit induit de la compoundeuse (par adjonction d'un rhéostat métallique sur ce circuit).

b. Variation de la résistance de réglage shuntant l'enroulement série de la compoundeuse

c. Enfin action sur le courant d'excitation shunt de la compoundeuse (par variation de la résistance de son rhéostat de champ).

Nous donnerons seulement ci-joint deux séries de valeurs relatives à i_{ex} compoundeuse $=$ 0,5 ampère et i_{ex} compoundeuse $=$ 1,5 ampère, la résistance de réglage et l'excitation shunt du moteur étant constantes durant les deux essais.

La tension de la ligne alimentant le moteur était de 120 volts sensiblement constants à 5 pour 100 près.

i_s excitatrice $=$ 0,5 ampère $=$ constante.
i_s moteur compound $=$ 1,25 ampère $=$ constante.

Intensité (induit moteur) en ampères.	Intensité (excitatrice) en ampères.	*N* en t:min.
6	— 14	1400
10	— 9	1300
14	— 2	1220
18	0	1150
22	+ 8	1080
26	+ 14,5	1030
30	+ 21	985
34	+ 28	950

i_s excitatrice $=$ 1,5 ampère $=$ constante.
i_s moteur compound $=$ 1,25 ampère $=$ constante.

Intensité I (induit du moteur) en ampères.	Intensité I_a (compoundeuse) en ampères.	Intensité I_i excitatrice-moteur en ampères.	*N* en t:min.
3	35	32	1460
10	38	28	1410
14	39	25	1380
18	40	22	1345
22	41	19	1315
26	42	16	1280
30	45	13	1250
34	43,5	9,5	1215

Remarque. — Ces résultats vérifient bien l'égalité :

$I_a = I_i - I$ posée lors de la théorie de l'égalisateur (Compoundeuse).

Bien que nous ayons eu affaire à des machines compound de construction ordinaire loin d'être étudiées en vue de cette application spéciale (inducteurs trop vite saturés), l'examen des graphiques (1) et (2) (fig. 17) confirme notre première conception, d'une modification avantageuse possible de la courbe N (I_a) par un renforcement convenable de l'excitation shunt de la compoundeuse.

Applications industrielles du dispositif égalisateur de puissance à la commande des trains. — La figure 18 représente les connexions d'un moteur de laminoir compound de 500 chevaux, 500 volts, faisant 150 à 270 t:min. à la charge de 500 à 1000 chevaux et muni d'un égalisateur de puissance. Ce moteur attaque un train à fers marchands installé aux Forges de la Providence par la C. I. E. (Liége).

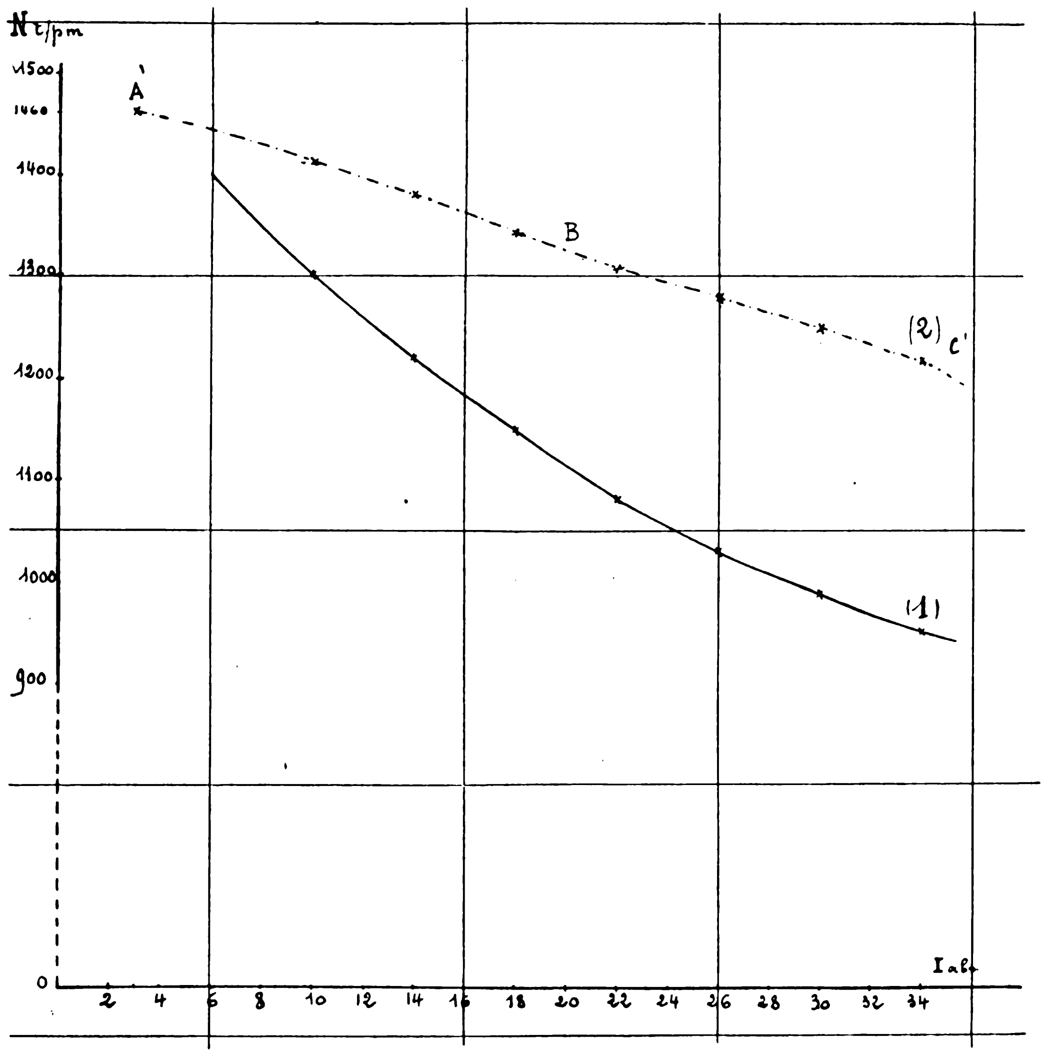


Fig. 17.

La légende annexée désigne suffisamment l'appareillage, nous décrirons seulement les dispositifs particuliers non encore rencontrés au cours de cet exposé.

Le commutateur C_r placé sur (1) détermine la marche en moteur de M_L; placé sur (2), il coupe l'arrivée du courant et met l'induit du moteur en court-circuit sur les résistances de démarrage, ce qui correspond à un freinage énergique et à l'arrêt du train.

A noter que ce freinage n'est efficace que si l'on renverse ou supprime le compoundage, dont l'influence serait antagoniste à l'excitation shunt. Il convient également, et ceci nécessite un dispositif particulier, de brancher l'excitation shunt aux bornes du réseau; car, si elle restait connectée aux bornes de l'induit, la vitesse de celui-ci baissant beaucoup, le courant d'excitation baisserait également et le couple de freinage diminuerait rapidement avec la vitesse du train.

Remarquer l'inverseur I_c qui permet d'inverser le sens du courant dans l'inducteur shunt de la compoundeuse, et ceci bien entendu sans que l'excitation vienne à être rompue. Cet appareil a pour but de permettre d'obtenir

à vide ou à faible charge une vitesse réduite du train sans qu'on soit obligé pour cela d'augmenter l'importance de l'enroulement shunt. Il suffit pour cela de rendre concordantes les excitations shunt et série. L'obtention de cette basse vitesse s'imposait, lors du travail de certains profils qui doivent se faire à la tenaille, par la fatigue extrême résultant pour les équipes d'une marche à très grande vitesse.

Le moteur est muni d'un limiteur de vitesse constitué par un régulateur à boules commandé par friction par l'arbre du moteur. En cas d'emballement, ce régulateur rompt le circuit du relais B dont l'armature, en déclanchant, ferme le circuit de la bobine fil fin *b* placée à l'intérieur de l'automatique à maxima G. L'armature métallique de celui-ci est attirée et le courant d'alimentation coupé.

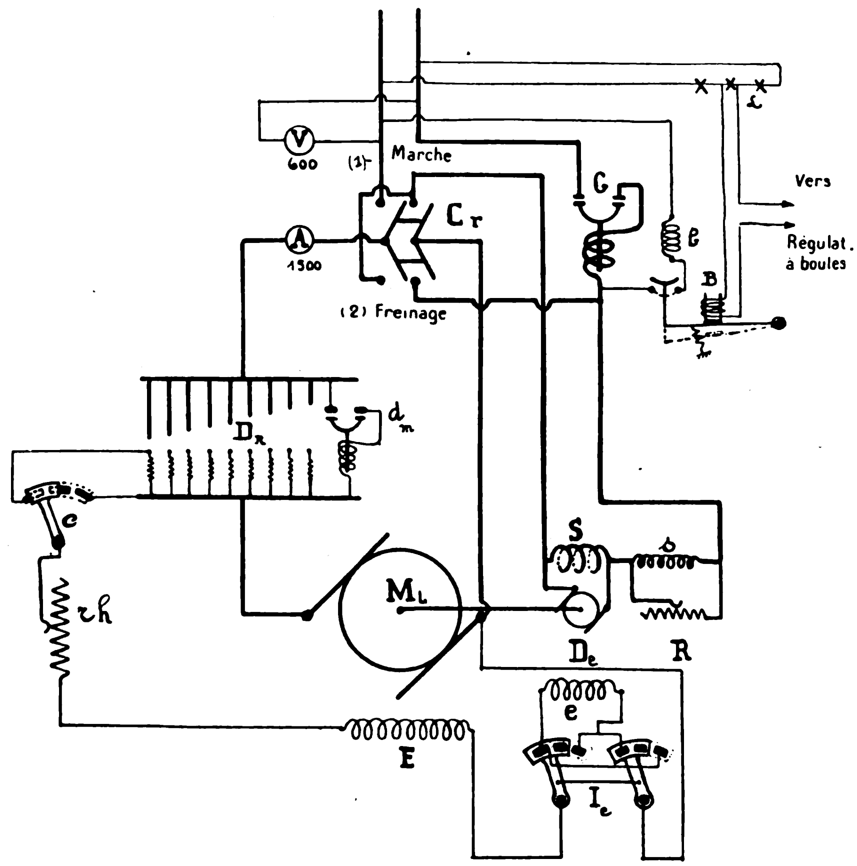


Fig. 18. — Schéma du montage d'un moteur de laminoir compound.

L'égalisateur de puissance est manchonné sur l'arbre même du moteur de laminoir, et sa résistance de réglage se trouve disposée en sous-sol, alors que les divers appareils de commande électrique sont réunis sur un tableau surélevé au-dessus du hall, auquel on accède par un escalier.

L'arbre moteur, qui porte une poulie et un volant en acier coulé de 7 tonnes et 2,80 m de diamètre, actionne directement par accouplement élastique 6 paires de cages finisseuses de 300 mm de diamètre et, au moyen d'une transmission par courroie réduisant la vitesse dans le rapport de 3 à 1, une paire de cages trio dégrossisseuses de 500 mm de diamètre.

Le dégrossisseur est attaqué par l'intermédiaire d'un embrayage à griffes par une poulie volant de 6,50 m de diamètre pesant 32 tonnes.

L'énergie totale emmagasinée dans les volants est de :

Pour la poulie volant	1 030 000 kgm.
Pour le volant de 7 tonnes.	610 000
Pour la poulie.	420 000

Le démarrage du moteur s'effectue en moins d'une minute avec un courant maximum de 500 ampères.

La Société des Forges de la Providence a mis également en service un train de laminoir trio à fers marchands se composant d'une paire de cages dégrossisseuses et de deux paires de finisseuses, celles-ci directement attaquées par le moteur électrique.

Le moteur, d'une puissance normale de 1500 à 2000 chevaux, à excitation compound, comporte 30 pôles et son diamètre d'armature est de 3,750 m. Sur l'arbre est calé un volant en acier d'un poids de 44 tonnes et d'un diamètre de 7.20 m. Il permet de laminer à toutes les puissances comprises entre 1500 et 500 chevaux aux vitesses de 130 et 75 t : min. et est muni d'un limiteur d'ampérage (système C.I.E. Liége).

Une plateforme surélevée de 4 m au-dessus du sol porte un tableau de distribution muni de tous les appareils nécessaires à la mise en marche et au contrôle du moteur. Les appareils de manœuvre, volant du rhéostat de champ, commande du limiteur d'ampérage et manette de manœuvre du petit controller commandant les interrupteurs des résistances de démarrage sont montés chacun sur colonne de façon à ce que l'électricien puisse, de son poste, démarrer, surveiller sa marche et régler sa vitesse suivant les indications du chef de fabrication.

Il y avait, en 1911, aux usines de la Providence (Marchienne), quatre moteurs de laminoirs en service.

La Société Ougrée-Marihaye a également eu recours à la C.I.E. (Liége) pour l'électrification de ses laminoirs. Depuis 1906 ont été électrifiés dans ces usines :

Un train de 900 chevaux en régime, puissance momentanée 1500 chevaux (le dégrossisseur traitant des billettes de 500 à 600 kg).

Deux trains avec moteurs de 1500 chevaux en régime, puissances momentanées 2250 chevaux, vitesses 165-125 t : min. et 120-100 t : min., pour fers marchands et

poutrelles. Ces trains traitent des lingots de 3 à 400 kg, leur production horaire varie de 8 à 11 tonnes et leur puissance moyenne absorbée varie de 800 à 1000 kw.

b. *Solution de la Société Westinghouse.* — Breveté sous le nom d'*amortisseur d'à-coups*, ce dispositif comporte également un moteur compound à excitation spéciale et

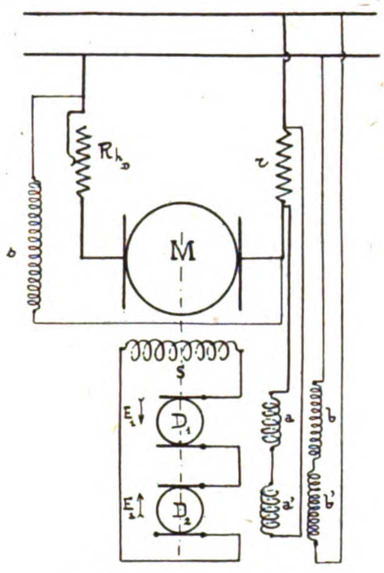


Fig. 19. — Montage Westinghouse.

une compoundeuse de constitution assez complexe, mais dont le principe peut être représenté par le schéma théorique (fig. 19).

Considérons deux petites dynamo D_1 et D_2 placées en

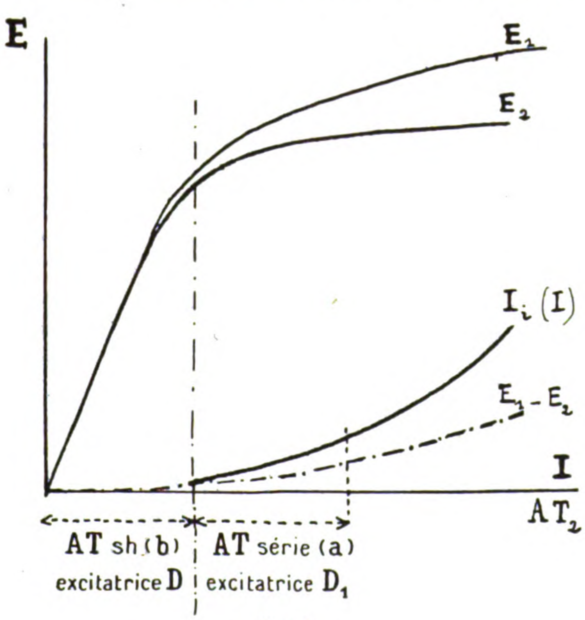


Fig. 20.

bout d'arbre du moteur M telles que les forces électromotrices qu'elles produisent soient en opposition et que l'une de ces dynamos, D_2 par exemple, se sature plus rapidement que l'autre, c'est-à-dire que l'on ait pour les deux machines les courbes ci-contre (fig. 20).

$$E_1\,(AT_2) \qquad E_2\,(AT_2)$$

Si AT_2 augmente, les deux forces électromotrices ne s'équilibrent plus et la différence $E_1 - E_2$ donne un courant $\left(\frac{E_1 - E_2}{R} = I_i\right)$ dans l'inducteur série du moteur M qui se trouve ainsi compoundé.

Dans le dispositif Westinghouse, ce principe est réalisé d'une façon légèrement différente à l'aide d'une seule excitatrice (fig. 21).

Cette excitatrice E, dont la puissance n'est pas supérieure à 10 pour 100 de celle du moteur de laminoir, est montée en bout d'arbre de celui-ci, ou, lorsqu'il s'agit de grands laminoirs à très faible vitesse, de préférence commandée par un petit moteur auxiliaire, et débite sur un enroulement spécial du moteur qui est aussi muni d'un enroulement shunt ordinaire.

L'inducteur de cette petite dynamo comporte 4 pôles dissymétriques N-S — N'-S', les pôles N et N' étant excités d'une part par une fraction du courant de charge dérivé aux bornes de la résistance R et d'autre part par un enroulement shunt branché sur les barres d'alimentation.

On remarquera que les enroulements disposés sur N et N' sont égaux et bobinés en sens inverse, ceci pour obtenir deux systèmes inducteurs égaux et opposés agissant sur un même induit de façon à se neutraliser l'un l'autre. Toutefois, la forme des pôles étant différente, la saturation d'un des systèmes inducteurs est obtenue par un courant moindre que celui nécessaire à la saturation de l'autre et, à vide ou à faible charge, le moteur de laminoir fonctionnera en shunt sans variation sensible de vitesse.

A mesure que la charge du moteur augmente, le champ de l'excitatrice s'accroît, mais, grâce à l'opposition des deux systèmes inducteurs, cette dernière ne fournit aucun courant jusqu'à ce que le courant de charge soit suffisant pour saturer le premier système inducteur. Le deuxième système inducteur, étant prépondérant, engendre un courant qui renforce le champ du moteur de laminoir et, par suite, permet un ralentissement considérable de la vitesse ; ce compoundage additif renforcé n'entrant en jeu qu'à partir d'une charge déterminée et réglable.

L'excitatrice est munie d'un enroulement shunt servant au réglage et elle est compoundée par son propre courant, afin de renforcer l'effet dû à la différence de saturation dès que celle-ci se produit.

On pourrait faire, au sujet des avantages de ce dispositif, les mêmes remarques que pour le dispositif précédent.

Examinons seulement un exemple d'une application industrielle du dispositif dit *amortisseur d'à-coups* à un moteur de laminoir, exemple tiré des nombreux essais exécutés par la Société Westinghouse dans différentes installations métallurgiques.

Le diagramme (fig. 22) traduit graphiquement le laminage d'un bloom d'acier d'environ 300 kg.

La courbe supérieure en trait plein donne les vitesses du laminoir en tours par min. $f(t'')$, et la courbe pleine inférieure les puissances fournies par le moteur commandant le train. Ces graphiques sont relatifs à un moteur

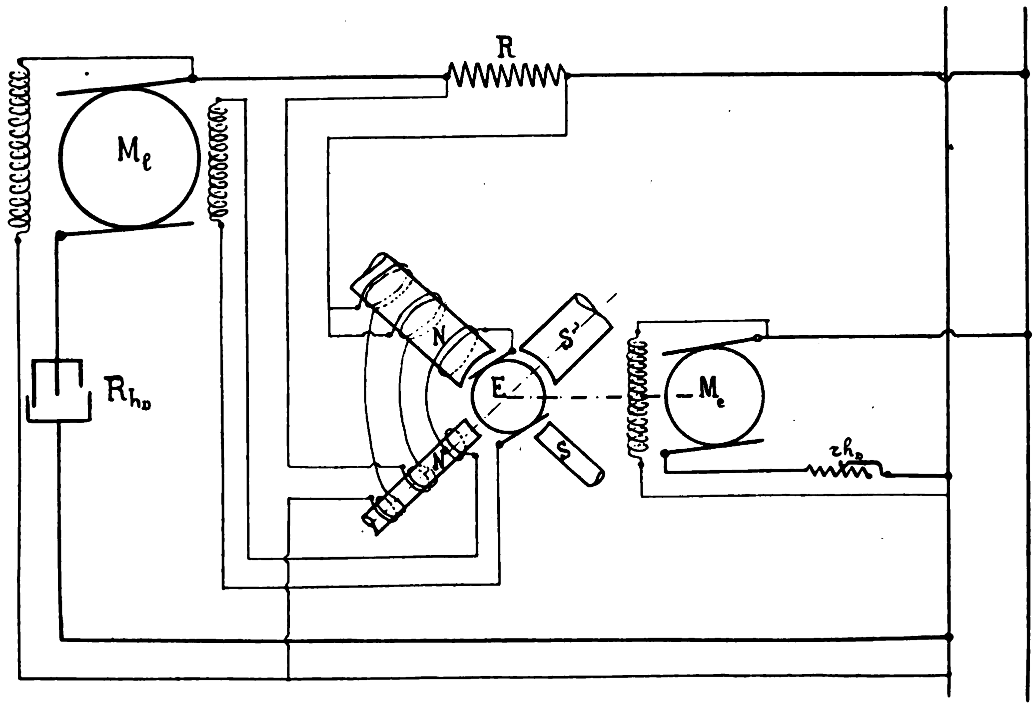


Fig. 21. — Excitatrice compoundeuse Westinghouse.

compound ordinaire de 500 chevaux pouvant fournir une surcharge momentanée de 50 pour 100. Un volant de 10 tonnes d'une puissance de 375 000 kgm : s à la vitesse de 100 t : min. vient en aide au moteur.

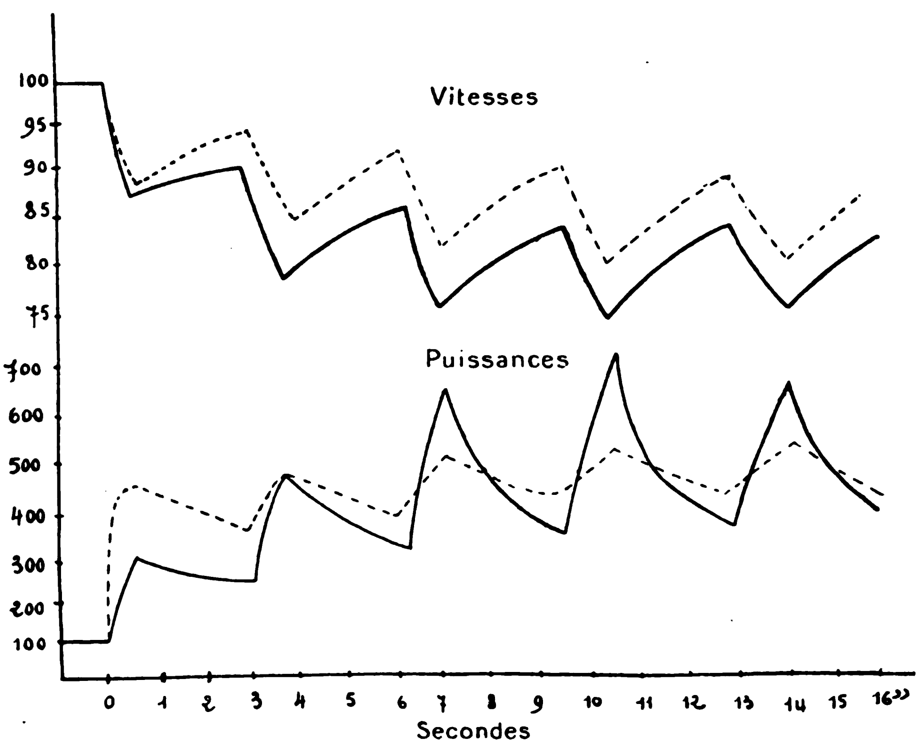


Fig. 22.

La vitesse à vide du laminoir atteint 100 t : min. exigeant 150 chevaux sur l'arbre du moteur et le ralentissement maximum de ce dernier peut atteindre 25 pour 100, correspondant à la vitesse de 75 t : min. à la surcharge de 750 chevaux sur l'arbre, ainsi que le montre la caractéristique N (P) (fig. 5) déjà examinée au début de cette étude.

Le passage du bloom entre les cylindres dure au début 1/2 seconde. Travail absorbé par passage 90 000 kgm. Un intervalle de 2,5 secondes sépare les différentes passes.

Ainsi que le montre le diagramme (fig. 22), la vitesse diminue rapidement et tombe à 75 t : min. à la quatrième passe, elle remonte ensuite légèrement. Le moteur, qui ne fournissait au début qu'une très faible puissance, supporte alors brusquement de grosses surcharges. L'examen du diagramme prouve que le moteur est ainsi amené à ses dernières limites de surcharge et qu'on ne pourrait continuer quelque temps

ce régime sans provoquer l'arrêt du train, bien que le travail moyen du moteur soit cependant inférieur à 450 chevaux.

Si l'on remarque que sous un tel régime, pour un faible ralentissement de deux tours, la charge augmente brusquement de 150 chevaux, on comprendra que cette marche en surcharge est dangereuse pour les enroulements du moteur.

Les pointes du diagramme font aussi ressortir combien peu l'application de telles surcharges au moteur augmente le travail total fourni.

Les courbes pointillées (fig. 22) sont relatives au même train de laminoir et au même moteur mais muni du dispositif *amortisseur d'à-coups*.

Le travail fourni est absolument le même que précédemment, mais les charges supportées par le moteur sont réduites de 25 pour 100, toutes les pointes dangereuses

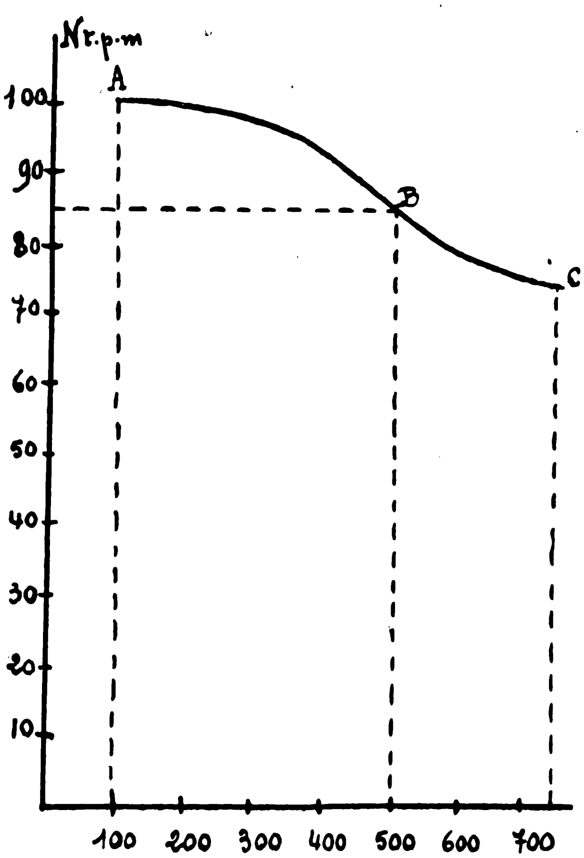


Fig. 23.

du graphique précédent sont coupées, car le ralentissement réalisé a été moins considérable et le volant conserve encore vers la pleine charge une énergie utilisable donnant toute sécurité. On remarque que le moteur pourrait encore fournir 200 chevaux de plus, surcharge correspondant au ralentissement maximum (75 t : min.)

A noter l'allure favorable de la caractéristique de ralentissement N (P) (fig. 23) obtenue par un réglage convenable de l'excitation shunt de la compoundeuse.

La courbe N (I_a) (fig. 17) obtenue lors de nos essais par un réglage convenable de l'excitation shunt de l'égalisateur de puissance (système de la C.I.E., (Liège) présente d'ailleurs la même allure, mais de façon moins accentuée (concave de A à B, convexe de B à C).

En résumé, on peut dire que les avantages de ces dispositifs, égalisateur de puissance ou amortisseur d'à-coups, sont les suivants :

Régularisation de la charge.

Réduction des poids et des prix du moteur et du volant.

Amélioration du rendement du moteur.

Facilité plus grande du laminage et complète automaticité du dispositif employé.

B. Laminoirs réversibles avec groupes Ilgner. — La commande des très gros laminoirs actuels de 9000 à 12000 chevaux, exigeant des puissances considérables et très variables et une grande sécurité de manœuvre, s'effectue toujours à l'aide de groupes Ilgner combinés avec le système de démarrage et réglage type Léonard.

Les moteurs commandant la ou les génératrices de manœuvre, — la tendance actuelle étant à la subdivision des unités dans le but de diminuer le moment d'inertie des masses tournantes, — sont généralement des moteurs asynchrones triphasés de 2000 à 2800 chevaux, alors que les puissances absorbées par les moteurs des laminoirs atteignent momentanément 8000 à 12500 chevaux.

C'est également dans le but de réduire le moment d'inertie des masses en mouvement qu'on prévoit aussi plusieurs moteurs de laminoirs calés sur le même arbre au lieu d'un moteur unique. Il est vrai qu'ici intervient aussi la difficulté de construire des dynamos à courant continu de très grande puissance.

En pratique, on dispose de façon courante deux dynamos de démarrage qu'un combinateur permet de coupler en série ou en parallèle, ce qui permet d'obtenir et de grandes variations de vitesse et une grande souplesse des moteurs commandant le train.

Par exemple, aux usines de Hildegarde, la Société A. E. G. a installé un groupe de trois moteurs calés sur le même arbre d'une puissance globale de 9000 chevaux à 110 t : min. et pouvant fournir un couple maximum de 78000 kgm.

Le groupe convertisseur comprend un moteur asynchrone triphasé de 2500 chevaux, 370 t : min., muni d'un régulateur de glissement et accouplé par 2 manchons élastiques à 2 volants de 26 tonnes et à 2 génératrices de manœuvre. Les volants peuvent restituer ensemble 2000000 de kgm avec un glissement de 12 pour 100.

Ce train permet le laminage de lingots de 2000 kg en poutrelles de 45 cm.

Il est aisé de se rendre compte combien est dur le régime imposé aux moteurs, si l'on considère qu'ils doivent changer de sens de marche de 3 à 5 fois par minute et que l'intensité absorbée varie parfois de 800 à 6000 ampères dans l'intervalle de 3 secondes !

La rapidité des changements de sens de rotation a

conduit la Société A. E. G. à appliquer à ces machines des dispositifs spéciaux de nature à éviter que l'inversion trop rapide de l'excitation de la dynamo de manœuvre ne vienne à occasionner, pendant le ralentissement, l'arrêt et l'accélération du moteur dans l'autre sens, un courant inverse dans le circuit induit, ce qui ferait déclancher l'automatique à maxima.

Ces dispositifs consistent, d'abord à décompounder la dynamo de manœuvre de façon à ce que sa tension tende à baisser à mesure que le courant principal croît, ce qui empêche celui-ci d'atteindre des valeurs exagérées. La diminution assez rapide du courant d'excitation de la génératrice amène le renversement du courant principal avant même que cette excitation ait changé de sens; la génératrice fonctionne alors comme moteur et ses deux excitations, devenues concourantes, travaillent à produire une force contre-électromotrice qui tend à diminuer le courant principal. Dès que l'excitation résultante de la génératrice a changé de sens, celle-ci recommence à fonctionner en dynamo compound à flux soustractifs.

Le deuxième artifice, employé parallèlement au premier, réside dans un compoundage de moteurs tel que toujours il produise un affaiblissement du courant. Comme il serait nécessaire de renverser le sens du courant compoundeur au moment de réaliser le changement de sens de marche et qu'il parait difficile de concevoir la manœuvre très rapide d'un commutateur pour très forts courants (7000 ampères!) présentant forcément une grande inertie, on a recours à un compoundage indirect. Comme dans les moteurs compound précédemment étudiés, on utilise une excitatrice auxiliaire accouplée au groupe, excitée par une fraction du courant principal et fournissant à des enroulements inducteurs spéciaux placés sur les moteurs un courant proportionnel au courant principal.

L'excitation indépendante de la génératrice et l'excitation compound des moteurs sont inversées à la fois par la manœuvre d'un levier unique.

La Société Siemens a installé aux forges Georges-Marie un groupe Ilgner pour commande d'un laminoir.

Le dispositif utilisé diffère du précédent en ce que les génératrices de manœuvre et les moteurs du laminoir sont simplement munis d'une excitation shunt. Afin de garantir le moteur contre de trop fortes surintensités, le circuit principal traverse la bobine d'un relais qui commande un rhéostat en série sur l'excitation des génératrices; ainsi quand le courant devient exagéré, le champ des génératrices est affaibli et, par contre-coup, ce courant lui-même.

Aciéries de Terni. — Les aciéries de Terni (Italie) ont fait installer depuis peu un grand train duo réversible pour plaques de blindage pouvant passer des lingots de 1,100 m de diamètre pesant jusqu'à 100 tonnes. (Cylindres de 4,50 m de longueur et 1,25 m de diamètre. Section des cages 4860 cm².) Les allonges d'accouplement en acier moulé sont équilibrées par plongeurs hydrauliques. Vis de serrage commandées par servomoteurs électriques et à la main. Un dispositif de rattrapage de jeu des cylindres permet de compenser une variation du diamètre entre 1,250 m et 1,100 m. Deux manipulateurs, un de chaque côté de la cage, l'un pour lingots de 100 tonnes, l'autre pour lingots de 25 tonnes (rapidité, économie d'eau sous pression).

Ce train, directement accouplé aux moteurs par accouplement semi-élastique, a été construit par le Creusot.

Machinerie électrique. (Le Creusot et Felten et Guillaume à Francfort.) — Elle comprend un groupe Léonard alimentant deux moteurs électriques shunt réversibles à pôles de commutation et enroulements compensateurs, clavetés sur le même arbre et développant ensemble environ 5300 chevaux à 90 t : min.

La vitesse peut varier dans de grandes limites, l'alimentation des moteurs pouvant s'effectuer à des tensions échelonnées entre 0 et $\pm$ 1200 volts. La puissance développée peut momentanément atteindre 15000 chevaux.

Installation d'un gros train de laminoir réversible à la Skinningrove Iron Works (Angleterre). — Cette société, qui a généralisé l'emploi de l'électricité dans ses services, grâce à l'heureuse utilisation des gaz d'échappement de ses hauts fourneaux, a électrifié tous ses laminoirs et installé un nouveau train réversible de grande puissance destiné à laminer des rails et toutes sortes de fers profilés, autant que le permet le refroidissement des pièces.

Ce train comprend trois cages (à blooming, dégrossisseuse et finisseuse) qui permettent de laminer des lingots de 2 à 4 tonnes. Sa production horaire peut s'élever à 30 tonnes.

L'équipement électrique comprend un moteur à courant continu à excitation shunt alimenté suivant le dispositif Léonard par un groupe convertisseur Ilgner dont le volant compense les à-coups du laminage et rend sensiblement uniforme la puissance demandée à la Centrale.

La figure 25 donne la disposition schématique de l'installation :

Le groupe Ilgner se compose d'un moteur asynchrone triphasé M_A commandant par accouplement direct deux génératrices de manœuvre D_1 et D_2, une excitatrice en bout d'arbre E et un double volant V_1-V_2.

La vitesse de ce groupe, qui est de 475 tours à 40 p : sec., peut varier de 20 pour 100 (475 t : min. — 380 t : min.), un régulateur de glissement R_g insérant automatiquement des résistances liquides D_L sur le rotor du moteur asynchrone triphasé.

Les deux volants V_1-V_2, de chacun 25 tonnes, sont séparés et clavetés sur l'arbre l'un à côté de l'autre. Chacun d'eux est venu d'un seul bloc d'acier coulé et pèse 25 tonnes; leur diamètre est de 3,87 m, ce qui, pour la vitesse de 475 t : min., correspond à une vitesse périphérique un peu supérieure à 100 mètres par seconde. Ces volants sont supportés par deux paliers munis d'un

dispositif de graissage par huile sous pression envoyé par deux pompes à huile, l'une commandée par l'arbre même du volant, l'autre par moteur électrique spécial. Par mesure de sécurité les paliers sont disposés de façon à permettre au besoin le graissage automatique par bagues.

Les volants sont reliés à l'arbre du groupe par un manchon d'accouplement élastique à tiges d'acier, sys-

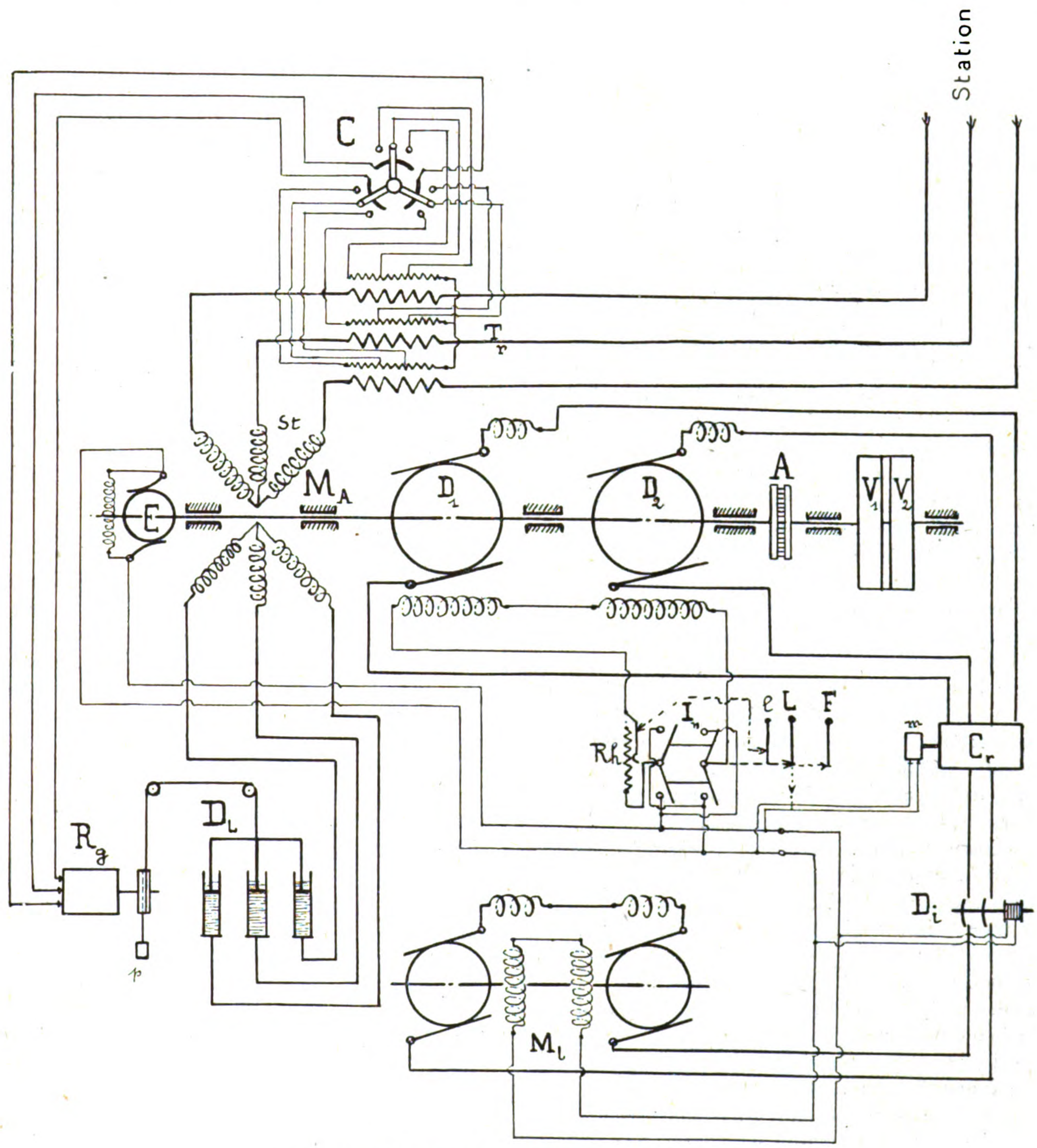


Fig. 24. — Schéma de l'installation d'un gros train de laminoir.

tème Siemens-Schukert (44 tiges d'acier disposés horizontalement entre deux disques de 1,20 m de diamètre).

Le moteur étant arrêté, les volants continuent encore à tourner pendant deux heures, mais un dispositif de freinage énergique par frein à bande à sabots de bois permet d'arrêter en deux minutes le système lancé à pleine vitesse.

La commande des dynamos de manœuvre D_1 et D_2 s'effectue par accouplement direct avec le moteur asynchrone triphasé M_A alimenté directement à 2750 v, 40 p : sec., dont le rotor bobiné est connecté à des résistances liquides D_L servant au démarrage. En marche les résistances sont manœuvrées automatiquement par le moteur relais R_G (l'ensemble de ce dispositif consti-

tue le régulateur de glissement). Le moteur relais R_g est branché aux bornes secondaires d'un transformateur T_r dont le primaire est en série sur la canalisation principale. Des prises étagées sur le secondaire de ce transformateur aboutissent à un commutateur spécial C qui permet le réglage de la tension aux bornes du moteur du relais et par suite le couple de ce dernier et le glissement du moteur du groupe.

Ce réglage s'effectue par action sur le contrepoids p, d'après la puissance moyenne absorbée à maintenir uniforme et les profils à obtenir.

On conçoit que, suivant que la puissance absorbée par le laminoir est supérieure ou inférieure à la puissance moyenne prévue pour le moteur asynchrone, le moteur relais R_G et par suite le régulateur augmente ou diminue le glissement du moteur asynchrone. Le volant est donc obligé de restituer sur l'arbre aux faibles vitesses l'énergie qu'il a emmagasinée sous forme cinétique lors des vitesses élevées.

Les deux génératrices D_1 et D_2 sont du type à deux collecteurs, à excitation indépendante, avec pôles de commutation et enroulements compensateurs. Elles sont capables de fournir une puissance maximum de 12000 chevaux. Un disjoncteur automatique à maxima protège leurs enroulements contre les surintensités pouvant résulter d'incidents de laminage.

Le réglage de la tension aux bornes des dynamos s'effectue à l'aide de l'inverseur I_n et du rhéostat R_h dans les limites 0 ± 550 volts. Le combinateur C_r permet leur couplage en parallèle ou en série.

Avec le premier de ces couplages (train bloom et dégrossisseur), la vitesse du laminoir peut varier entre 0 et 30 t:min. ($U_{max} = 530$ volts) le couple maximum développé étant alors de 156000 kgm.

Avec le couplage en série (dégrossisseur et finisseur), la vitesse angulaire du moteur peut varier de 0 à 60 tours par minute (cette vitesse maxima correspondant à $U_v = 1060$). Le couple maximum développé est alors de 142000 kgm.

Le train finisseur exige une vitesse de 120 t : min. que l'on obtient par réglage du champ inducteur des dynamos (couple max. développé = 41000 kgm).

Il est possible de porter à plein couple la vitesse du train de 0 à 60 t: min. en une seconde.

Les deux dynamos de réglage et le moteur asynchrone M_A sont montés sur socle commun et soutenus par 4 paliers à graissage automatique. L'excitatrice E manchonnée en bout d'arbre fournit sous 220 volts le courant d'excitation nécessaire aux génératrices et au moteur de laminoir.

Le moteur M_L de commande du train est un moteur à courant continu à excitation shunt. Dans le but de réduire le plus possible le moment d'inertie de sa partie tournante à cause des fréquentes et rapides variations de vitesse qu'il faut pouvoir obtenir dans les deux sens, on a eu recours à deux induits dont le poids global est de 194 tonnes.

L'inducteur de ce moteur est muni de pôles auxiliaires de commutation et d'enroulements compensateurs. Les paliers sont graissés à l'huile sous pression et des ventilateurs spéciaux ont pour but de maintenir, surtout aux faibles vitesses, la température des enroulements dans des limites normales.

La commande du train s'exécute de deux cabines surélevées au-dessus du sol, l'une face à la 1re cage, l'autre face à la 5me. Dans chacune de ces cabines se trouvent des leviers L-l-F de commande des appareils de réglage du train.

Le levier L commande l'inverseur I_n permettant le changement du sens de rotation par inversion de l'excitation des dynamos de manœuvre et, par l'intermédiaire du servo-moteur M, le combinateur C_r à contacts tournants (type traction) permettant le couplage en série ou en parallèle de ces dynamos.

Le levier l commande le curseur du rhéostat R_h en série sur l'excitation des génératrices. Un dispositif de verrouillage automatique de ces deux leviers rend toute fausse manœuvre impossible.

Un autre levier F, dit de l'interrupteur de sécurité, permet au conducteur, en cas d'accident, de déterminer l'arrêt du laminoir par coupure de l'excitation des dynamos de manœuvre.

Enfin, et ceci constitue une particularité de l'équipement de ce train, on a réalisé un verrouillage automatique entre le régulateur de glissement R_g et le levier l de réglage de l'excitation des dynamos, de façon à ce que, lorsque la vitesse descend au-dessous d'une valeur déterminée, on ne puisse plus diminuer l'excitation des génératrices, ce qui abaisserait encore la vitesse et chargerait inutilement le volant.

Outre ces appareils de manœuvre, les cabines comportent un ampèremètre donnant le courant absorbé, un voltmètre indiquant la tension des génératrices et un indicateur de la vitesse du moteur de laminoir.

En prévision d'une augmentation possible de la puissance du laminoir, on s'est réservé la possibilité d'installer un second moteur qui actionnerait les trains dégrossisseur et finisseur, le train bloom restant seul actionné par le moteur actuel.

Centrale des Usines de Skinningrove. — L'énergie électrique est fournie par des alternateurs triphasés de 1600 kv-A, 40 p : sec., 109 t : min., directement commandés par moteurs à gaz, disposition tandem, deux cylindres à 4 temps et à double effet alimentés par les gaz d'échappement de hauts-fourneaux.

Grâce à l'utilisation d'un groupe Ilgner un seul moteur à gaz de 2000 chevaux suffit à l'alimentation du gros train de laminoir.

(*A suivre.*) A. Lafont et L. Barbillion.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 4 août 1913.

Méthode de vérification des réflecteurs optiques, par M. J. Rey. — La méthode de vérification des réflecteurs paraboliques pour projecteurs de lumière électrique décrite ci-dessous et que j'ai employée depuis 1908 dans les ateliers de la maison Sautter-Harlé [1] est applicable à tout système optique donnant, à distance finie ou infinie, une image réelle ou virtuelle d'un point lumineux placé à son foyer.

Dans le cas où il s'agit, par exemple, de vérifier un réflecteur parabolique, le réflecteur entièrement terminé est monté, son axe étant horizontal sur un banc d'optique. On dispose ensuite, à une petite distance du réflecteur, un châssis vertical portant un réseau quadrillé à mailles carrées, constitué par deux rangées de fils souples et fortement tendus, de 2 mm environ de diamètre; à 1 mm en arrière du châssis, on place verticalement une glace dépolie.

Au foyer du réflecteur, on place la source lumineuse très petite, formée d'un arc électrique jaillissant entre deux électrodes métalliques et permettant d'obtenir un cratère brillant d'une grande fixité, dont le diamètre est inférieur à 1 mm. Les divers faisceaux élémentaires réfléchis par les éléments de la surface optique viennent rencontrer le réseau quadrillé, le traversent et vont ensuite frapper la glace dépolie qui lui est parallèle. Il est facile de photographier la plage lumineuse ainsi produite avec son quadrillage d'ombre.

Si la surface est exactement parabolique, l'ombre du réseau quadrillé est identique au réseau lui-même, c'est-à-dire formée de lignes droites perpendiculaires entre elles. Au contraire, si l'ombre du réseau indique des lignes courbes, la surface n'est pas parabolique. Tout défaut du réflecteur est donc immédiatement visible sur la photographie, et la méthode permet non seulement de constater qu'il y a une imperfection, mais de connaître les points de la surface parabolique dont la courbure est incorrecte.

Si l'on mesure la distance qui sépare le point d'ombre réel du point d'ombre théorique, il suffit de faire le rapport de cette longueur à la distance de l'élément du réseau à la glace dépolie, pour déterminer la tangente de l'angle d'erreur au point du réflecteur considéré. Si cette valeur dépasse une certaine tolérance limite que la pratique a consacrée, le réflecteur est rebuté.

Cette méthode est suffisamment précise pour permettre d'évaluer la minute d'angle. Dans la pratique, la continuité de la surface permet de se dispenser d'examiner chaque faisceau élémentaire; l'éclairement plus ou moins régulier de la plage lumineuse et les déviations des lignes d'ombre montrent les parties du réflecteur qui paraissent les plus défectueuses. Ce sont celles-là pour lesquelles il y a lieu de mesurer l'erreur de taille.

La même méthode s'applique aux miroirs hyperboliques ou elliptiques. Avec les premiers, l'ombre du réseau quadrillé est formée de lignes droites dont les écarts des mailles sont supérieurs à ceux du réseau lui-même. Avec les miroirs elliptiques, c'est l'inverse; les lignes d'ombre sont plus rapprochées que les lignes mêmes du réseau.

[1] Ce travail a été exécuté avec le concours de M. Marsat, ingénieur.

Séance du 11 août 1913.

Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en télégraphie sans fil, par MM. E. Rothé et Guéritot. — Si l'on veut établir un dispositif d'antennes de télégraphie sans fil en dimensions réduites, on est arrêté par la difficulté de réaliser l'analogue d'un sol indéfini. Nous avons cherché à nous en affranchir en substituant au sol un fil conducteur de très grande longueur.

Le système formé par un fil indéfini et un conducteur isolé voisin où l'étincelle oscillante éclate entre le fil et le conducteur constitue un oscillateur de médiocre qualité : par exemple, on obtient de mauvais résultats en plaçant un fil droit perpendiculairement au fil indéfini. Les résultats sont meilleurs quand on met autour du fil indéfini un cylindre métallique dont l'axe coïncide avec ce fil; l'énergie en jeu est plus grande, mais l'oscillation est complexe. Le fonctionnement est au contraire très satisfaisant, et l'on obtient des oscillations dont l'amortissement est du même ordre que celui des antennes filiformes, si l'on substitue au cylindre un disque perpendiculaire au fil, ayant son centre sur le fil. *Le système antenne rectiligne-sol est ainsi remplacé par le système antenne disque-fil indéfini*, par un artifice analogue à celui d'une transformation ponctuelle en géométrie, et l'on remarquera qu'il y a symétrie complète autour du fil et que, de plus, dans un plan contenant le fil et un diamètre, la répartition des lignes de force est analogue à celle qui existe dans un plan vertical contenant une antenne rectiligne verticale.

Pour réaliser ces conditions, nous avons placé les antennes-disques d'émission E et de réception R, dont le diamètre a varié jusqu'à 1,40 m dans deux salles suffisamment éloignées l'une de l'autre. Le fil a été maintenu rectiligne perpendiculairement aux disques sur une longueur de plus de 200 m, il sortait par des fenêtres et était tendu au-dessus de la toiture; au delà des antennes, le fil, d'environ 60 m, aboutissait aux conducteurs de cuivre de deux paratonnerres différents à deux extrémités opposées du bâtiment. Pour étudier le fonctionnement, on plaçait dans l'antenne de réception, entre le fil et le disque, un thermique constitué par du fil de constantan de 0,02 mm, que le courant oscillant échauffe, une soudure thermo-thermique fer-constantan de 0,02 mm de diamètre placée à 1 mm de distance étant en relation avec un galvanomètre sensible.

On retrouve ici toutes les particularités de fonctionnement des antennes de T. S. F. Il est possible de les

accorder avec une self ou une capacité, selon que la longueur d'onde doit être augmentée ou diminuée. Pour deux disques égaux, on obtient un maximum net avec le même nombre de spires de self dans les deux disques. Pour deux disques inégaux, il est nécessaire d'ajouter une self au petit disque ou une capacité au grand; l'acuité de l'accord est la même qu'en T. S. F. ordinaire.

Nous avons fait varier systématiquement toutes les parties du dispositif expérimental.

A. *Source.* — 1° L'éclateur a été mis directement en relation avec les pôles du secondaire d'une bobine munie d'un interrupteur rapide.

2° On a ménagé une étincelle de coupure entre la bobine et l'éclateur.

3° On a intercalé une grande résistance liquide entre la bobine et l'éclateur.

4° On a substitué un Tesla à la bobine.

B. *Fil de propagation.* — On a opéré avec du fil de bronze de 2,5 mm et du fil de cuivre de 0,2 mm.

On a raccourci la ligne de propagation en la réduisant à quelques mètres, on l'a aussi coupée par un condensateur de faible capacité.

Toutes ces modifications n'ont pas changé le mode général du fonctionnement du système.

C. *Transmission.* — Au montage direct nous avons aussi substitué : 1° le montage en Oudin; 2° le montage en induction. L'Oudin donne beaucoup d'énergie, des ondes moins amorties, et de bons accords. Avec un fort accouplement on constate l'existence de deux ondes : les courbes de résonance présentent les deux caractéristiques. L'induction fournit également des accords excellents et un amortissement faible.

D. *Réception.* — Les montages en dérivation et en induction donnent des résultats également bons.

Pour mesurer la longueur d'onde, on supprime l'antenne de réception et l'on étudie les ondes stationnaires en plaçant le thermique dans le fil de propagation et faisant varier, au delà du thermique, la longueur du fil, qui est alors limité de ce côté. La méthode est difficile à appliquer en montage direct, parce que les ondes sont très amorties; elle donne de bons résultats en montage Oudin ou induction à la transmission.

On peut aussi laisser l'antenne de réception et l'on trouve également des maxima et des minima, en faisant varier derrière elle la longueur d'un fil limité.

Contrairement à la précédente, cette méthode réussit en montage direct, bien que toutefois la première concamération des couches obtenues soit déformée par suite du voisinage trop immédiat de l'antenne de réception. Dans les montages indirects il est nécessaire de réaliser un accord parfait, sinon le phénomène se complique par la superposition des résonances dues aux longueurs d'onde de transmission et de réception.

En résumé, ce dispositif conduit au même fonctionnement que les antennes ordinaires, l'amortissement est du même ordre de grandeur. Il présente l'avantage de mettre en jeu une énergie considérable, très peu affaiblie par la propagation, de permettre la mesure du courant dans le fil, ce qu'on ne peut faire dans le sol. *Il offre la possibilité de modifier les conditions du milieu ambiant* soit à l'émission, soit à la réception, soit sur la propagation, d'une façon très commode, grâce à ses petites dimensions.

Séance du 18 août 1913.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

REVUE DE LA PRESSE

MESURES

Facteur de puissance des moteurs triphasés avec phases non équilibrées. — En pratique il est difficile de déterminer le facteur de puissance de moteurs triphasés dont les phases prennent une charge différente, quoique les tensions du réseau soient égales. Ce fait apparaît surtout dans les moteurs asynchrones à faible vitesse et dont les phases sont divisées

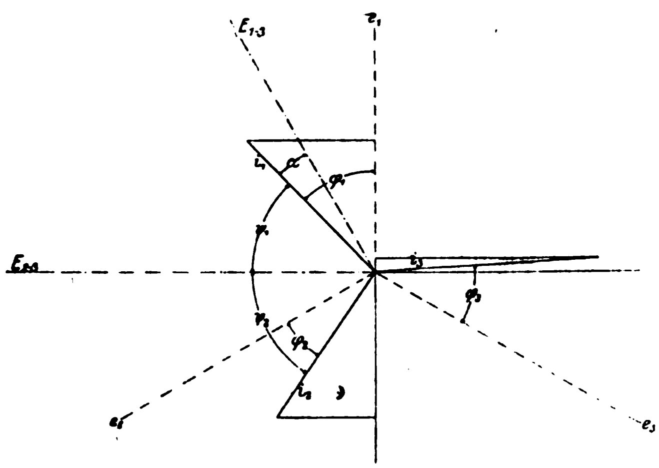


Fig. 1.

en plusieurs branches parallèles. Il est évident que dans ce cas on a affaire à trois facteurs de puissance différents.

Dans la pratique on emploie la méthode des deux wattmètres pour déterminer la puissance et le cos φ.

Il est d'usage de mesurer deux courants i_1 et i_2, de phase différente, d'en prendre la moyenne $i_m = \frac{i_1 + i_2}{2}$ pour former le rapport

$$\frac{P_{réelle}}{i_m E \sqrt{3}}$$

qui doit représenter le cos φ.

Cette façon de faire n'est pas exacte et l'on peut constater des différences aussitôt que l'on branche un wattmètre dans la troisième phase dont on mesure le courant i_3 pour déterminer i_m.

La meilleure façon d'obtenir des valeurs exactes, c'est

d'employer la méthode des trois wattmètres ; pourtant cette méthode demande des montages compliqués, surtout pour la haute tension, quand il faut former un point neutre artificiel.

La méthode suivante permettra, sans grande complication de montage, d'obtenir les valeurs exactes des trois facteurs de puissance à l'aide de deux wattmètres.

Soit :

P, la puissance réelle prise par le moteur ;

E, la tension composée ;

i_1, i_2, i_3, les courants de phases ;

φ_1, φ_2, φ_3, les angles de décalage entre les tensions et courants.

Nous pouvons écrire :

$$\frac{E}{\sqrt{3}} i_1 \cos \varphi_1 + \frac{E}{\sqrt{3}} i_2 \cos \varphi_2 + \frac{E}{\sqrt{3}} i_3 \cos \varphi_3 = P,$$

ou encore :

$$i_1 \cos \varphi_1 + i_2 \cos \varphi_2 + i_3 \cos \varphi_3 = \frac{P\sqrt{3}}{E}. \qquad (1)$$

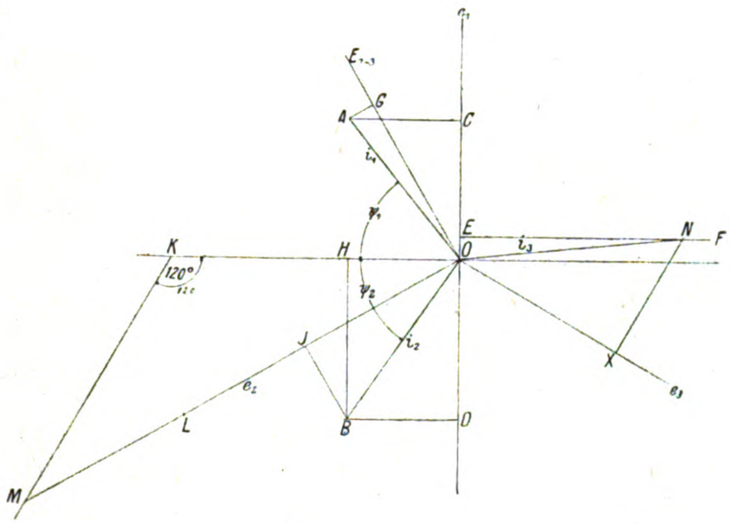


Fig. 2.

La somme des courants instantanés doit être nulle :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0,$$

c'est-à-dire, en nous reportant au diagramme (fig .1) :

$$i_1 \cos \varphi_1 + i_3 \sin (\varphi_3 - 30^\circ) = i_2 \cos (60^\circ - \varphi_2). \qquad (2)$$

De l'égalité (1), il suit :

$$i_3 \cos \varphi_3 = \frac{P\sqrt{3}}{E} - i_1 \cos \varphi_1 - i_2 \cos \varphi_2 ;$$

de l'égalité (2) :

$$i_3 \sin (\varphi_3 - 30^\circ) = i_2 \cos (60^\circ - \varphi_2) - i_1 \cos \varphi_1 ;$$

en divisant membre à membre :

$$\frac{\sin (\varphi_3 - 30^\circ)}{\cos \varphi_3} = \frac{i_2 \cos (60 - \varphi_2) - i_1 \cos \varphi_1}{\frac{P\sqrt{3}}{E} - i_2 \cos \varphi_2 - i_1 \cos \varphi_1}$$

ou enfin

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\frac{2}{\sqrt{3}} [i_2 \cos (60 - \varphi_2) - i_1 \cos \varphi_1]}{\frac{P\sqrt{3}}{E} - i_2 \cos \varphi_2 - i_1 \cos \varphi_1} + \frac{1}{\sqrt{3}}, \qquad (3)$$

ce qui permet de calculer $\cos \varphi_3$.

De même on aurait

$$i_3 = \frac{i_2 \cos (60 - \varphi_2) - i_1 \cos \varphi_1}{\sin (\varphi_3 - 30^\circ)}. \qquad (4)$$

Pour appliquer cette méthode, on mesure par le procédé des deux wattmètres :

la puissance P_1, le courant i_1, la tension E_{1-3};
» P_2, » i_2, » E_{2-3}.

L'on a

$$P = P_1 + P_2,$$

$$\cos \psi_2 = \frac{P_2}{i_2 E}, \qquad \varphi_2 = \psi - 30^\circ.$$

De l'égalité

$$\cos \alpha = \frac{P_1}{i_1 E}$$

on tire l'angle α,

$$\varphi_1 = 30^\circ \pm \alpha,$$

il faudrait donc connaître le signe de α.

L'on fait alors une nouvelle mesure pour trouver ψ_1, on détermine une puissance P_o en utilisant la tension E_{2-3} et le courant i_1 :

$$\cos \psi_1 = \frac{L_o}{E i_1}$$

alors

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \psi_1.$$

L'auteur donne ensuite un procédé graphique pour déterminer i_3 en grandeur et direction (fig. 2), puis cite l'application suivante.

Sur un moteur actionnant une pompe à piston en appliquant sa méthode, M. Sauvage a trouvé :

$P = 435$ kw, $E = 1980$ volts,
$i_1 = 171$ ampères, $\cos \varphi_1 = 0{,}758$,
$i_2 = 168$ ampères, $\cos \varphi_2 = 0{,}82$,
$i_3 = 149{,}6$ ampères, $\cos \varphi_3 = 0{,}766$.

Or, en appliquant le procédé ordinaire, on aurait obtenu, suivant les courants de phase utilisés pour former i_m :

$$\cos \varphi = \frac{435\,000}{169{,}5 \,.\, 1980 \sqrt{3}} = 0{,}745 ;$$

$$\cos \varphi = \frac{435\,000}{160{,}5 \,.\, 1980 \sqrt{3}} = 0{,}787 ;$$

$$\cos \varphi = \frac{435\,000}{158{,}75 \,.\, 1980 \sqrt{3}} = 0{,}797.$$

Comme le $\cos \varphi$ est imposé avec une tolérance de 1 à 2 pour 100 au maximum, on voit les différends qui peuvent apparaître pour la détermination du $\cos \varphi$.

Ceci met aussi en évidence les graves erreurs qui sont faites dans la détermination de la puissance par un seul wattmètre.

Dans ce cas, on avait :

$P_1 = 143{,}5$ kw,
$P_2 = 159$ kw,
$P_3 = 130$ kw; donc $P = P_1 + P_2 + P_3 = 432{,}5$ kw.

A l'aide d'un seul wattmètre, on avait :

430,5 kw;
477 kw,
391,5 kw, suivant les montages.

L'auteur en tire comme conclusion qu'il serait intéressant de déterminer une limite maximum d'écart entre les charges des différentes phases d'un moteur triphasé, et que d'autre part la définition du facteur de puissance comme étant le quotient des kw par kv-a n'est pas exacte pour le cas considéré. (Sauvage. *E. T. Z.*, 19 juin 1912.) F. H.

MOTEURS THERMIQUES

Essais sur un moteur à explosion. — Des essais ont été effectués récemment au laboratoire de l'école industrielle de Chemnitz sur un moteur Deutz pouvant être alimenté au gaz d'éclairage, au gaz pauvre ou, après une modification des organes d'admission, avec des combustibles liquides, benzine ou essence. Le moteur a 210 mm d'alésage de cylindre et 320 mm de course; sa puissance relevée au frein pendant un essai de 40 minutes est de 4,8 chevaux avec l'alimentation par du gaz d'éclairage. Les chiffres suivants furent obtenus : température d'entrée de l'eau froide : 9°,2 C.; température de sortie : 65° C.; température des gaz d'échappement : 565° C.; nombres de tours par minute : 140; consommation de gaz : 4,22 m³ et consommation d'air 28,4 m³ à l'heure. La quantité d'eau froide nécessaire à l'heure est de 146 litres. Le pouvoir calorifique du gaz employé variait entre 4000 et 4500 calories par mètre cube, rapporté à 0° C. et 760 mm de mercure.

L'auteur étudie la consommation de gaz d'éclairage et le rendement thermique à l'aide de courbes et de diagrammes qu'il établit ensuite pour l'alimentation au gaz pauvre, à la benzine et à l'essence. Les pouvoirs calorifiques moyens de ces trois derniers combustibles étaient de 780 à 960 calories par mètre cube pour le gaz pauvre, de 9100 à 11 000 calories par kilogramme pour la benzine, de 4800 à 6100 calories pour l'essence. Le rendement obtenu dans la marche à la benzine fut trouvé notablement inférieur à celui des autres marches, en raison des compressions plus faibles atteintes avec ce combustible; la tige du piston est alors raccourcie de 57 mm. La comparaison des courbes de réglage donne des résultats comparables dans les trois cas. La puissance maximum du moteur est la plus forte dans le cas de l'essence et la plus faible avec le gaz pauvre; cette puissance maximum n'est pas très élevée dans le cas de la benzine, toujours en raison de la faible compression. (*Dinglers Pol. J.*, 2 et 9 novembre 1912.) M. A.

Utilisation des combustibles inférieurs. — D'intéressants essais viennent d'être faits aux mines de Brambauer sur une chaudière à tubes de flamme de 96,4 m² de surface de chauffe, chauffée avec du poussier de coke. La grille horizontale de la chaudière étant insuffisante par suite du faible tirage de la cheminée en tôle, (hauteur 22,8 m., section supérieure : 0,76 m²) on eût recours au système de soufflage sous la grille Wilton. Dans ce système la porte du foyer est munie de deux coulisseaux et d'une vanne à air permettant le réglage de la quantité d'air entrant au-dessus de la grille, suivant la qualité du combustible employé. Une contre-porte perforée, placée en arrière de la porte du foyer, sert à diriger directement le courant d'air sur le combustible. L'air arrivant sous la grille est aspiré dans trois tubes munis de tuyères à vapeur débouchant dans le cendrier; il est ensuite soufflé sous la couche de combustible à travers les trous de la paillasse. Le cendrier comprend plusieurs compartiments divisés chacun en trois parties. La grille de la chaudière sur laquelle portait l'essai avait une superficie de 2,47 m², c'est-à-dire 1/39 de la surface de chauffe. En tablant sur un prix du combustible de 2,72 fr la tonne, le prix de revient de la tonne de vapeur oscille entre 1,05 fr et 1,09 fr. Chaque mètre carré de surface de chauffe a produit 15 kilogrammes de vapeur à l'heure. La proportion des cendres du combustible était de 21,5 pour 100 et la proportion d'eau de 8,58 pour 100. La vapeur était produite sous la pression de 9 kg : cm², avec de l'eau d'alimentation dont la température était de 19 à 20° C. Ce résultat montre qu'il est possible d'obtenir une production économique de la vapeur avec des combustibles inférieurs en s'aidant de grilles à soufflage par-dessous, même avec des cheminées de construction ancienne et n'offrant qu'un tirage insuffisant.

Un nouvel essai fut fait après le remplacement de la cheminée en tôle par une cheminée en briques de 60 mètres de hauteur et 2,25 m² de section supérieure. Le combustible employé était toujours du poussier de coke, ayant même pouvoir calorifique que celui du premier essai, mais ayant une teneur en parties volatiles un peu supérieure. Le prix de revient de la tonne de vapeur fut trouvé de 0,84 fr avec le foyer Wilton et de 0,99 fr à 1,06 fr avec une grille horizontale, soit une différence de 15 pour 100 en faveur du foyer Wilton. La quantité de vapeur produite par mètre carré de surface de chauffe fut trouvée de 20,9 kg à 22,5 kg à l'heure. (*Glückauf*, n° 28, 1912.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

16 671/383 257. — **Compagnie générale électrique.** — *Système de dynamos et électro-moteurs à ventilation forcée* (31 octobre 1912).

450 255. — **Kramer.** — *Coffret de dérivation pour canalisations électriques* (11 octobre 1912).

450 280. — **Féry.** — *Galvanomètre amorti à aimants mobiles* (29 octobre 1912).

450 316. — **Montet.** — *Tambour de distribution et tableau de commande applicables aux installations d'éclairage des voitures automobiles* (7 novembre 1912).

450 364. — **Siemens-Schuckert.** — *Relais à mercure* (9 novembre 1912).

450 386. — **Brown Boveri et Cie.** — *Dispositif pour abaisser le godet à huile dans les interrupteurs à huile* (9 novembre 1912).

450 477. — **Murray.** — *Perfectionnements aux appareils pour mesurer, indiquer ou déterminer les dépenses effectuées par un consommateur d'énergie électrique* (12 novembre 1912).

450 502. — **Firme Hein, Lehmann et C. A. G. Eisenkonstruktionen, Brucken et Signalbau.** — *Connexion isolante pour câbles tendeurs de mâts électriques élevés* (15 novembre 1912).

450 769. — **Société Magnetbremsen G. m. b. H.** — *Frein électro-magnétique sur rail* (19 novembre 1912).

16 697/435 722. — **Samaia.** — *Dispositif de commande des trappes de caniveaux et des charrues de prise de courant pour tramways électriques* (19 avril 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

73 891. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 524. 25 Octobre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Nouvelles lampes à incandescence de faible consommation. — Comparaison de la cuisine électrique avec la cuisine au gaz. — Calcul des transformateurs. — La haute fréquence en T. S. F. — Les installations hydraulico-électriques en Italie. — Une exposition d'électricité à Barcelone. — Les fours électriques à acier dans le monde. — Congrès électrotechnique international de San-Francisco. — Nouvelle fabrication d'engrais azotés en Suède. — Grandes portées de la T. S. F. — L'industrie électrique en Italie. — Un nouvel élément au charbon 463

Les électros de levage, par **M. A.** 467

Aperçu sur la commande électrique des trains de laminoir, par **A. Lafont et L. Barbillion** (*suite et fin*). 470

Règles normales allemandes pour les lignes aériennes, **F. L.** . . 475

Les secours a donner aux électrocutés, **A. Z.** 479

Académie des sciences. — *Séance du 25 Août 1913* : Sur l'intégration de l'équation donnant la distribution de la densité du courant alternatif dans les conducteurs cylindriques, par **M. R. Swyngedauv**. 482

Séance du 1er Septembre 1913 : Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon, par **Georges Claude**. 483

Séances des 8 et 15 Septembre 1913. 484

Revue de la Presse. — *Moteurs* : Démarrage des moteurs à répulsion. Turbines hydrauliques à rendement élevé. — *Télégraphie* : T. S. F. dirigée. — *Traction électrique* : Chemin de fer à courant alternatif simple de Pamplona à Aoiz. 484

Brevets d'invention. 486

INFORMATIONS

Nouvelles lampes à incandescence à très faible consommation. — On parle beaucoup en Amérique et en Angleterre de nouvelles lampes à incandescence ne consommant qu'un *demi-watt* par bougie décimale. Hâtons-nous de dire qu'il s'agit de gros foyers et qu'il n'est pas question encore des petites lampes de 10 à 25 bougies que l'on rencontre le plus souvent.

Depuis longtemps on a remarqué que les lampes à filament de tungstène pouvaient donner, quand elles étaient convenablement poussées, jusqu'à 0,2 watt par bougie, malheureusement la lampe ne supporte ce régime que pendant quelques secondes à peine. Sans chercher à atteindre cette faible consommation, il semble que l'on pourrait se contenter de 0,5 watt par bougie; mais alors, tandis que la lampe a une durée plus acceptable, son ampoule noircit rapidement. Tous les efforts des constructeurs se sont portés sur cet inconvénient et l'on a cru un moment que, avec un vide plus poussé, il n'existerait pas; mais les recherches dans cette voie n'ont pas donné de résultat satisfaisant. On a cherché à expliquer ce noircissement et, à la suite d'expériences délicates, on a trouvé que des traces de vapeur d'eau dans l'ampoule suffisaient à le favoriser. A chaud, cette vapeur attaque le filament, en donnant un oxyde volatil de tungstène et de l'hydrogène. L'oxyde se condense sur les parois de l'ampoule, où l'hydrogène le réduit en donnant du métal qui teint en noir le verre. Cette action se produit indéfiniment, en sorte que le dépôt croît avec la durée de marche. On s'explique ainsi pourquoi certaines lampes noircissent plus vite que d'autres, la vraie raison tient à ce que l'ampoule contient trop de vapeur d'eau.

Pour combattre ce noircissement, qui seul empêche de pousser les lampes, deux moyens ont été indiqués : 1° Introduction dans l'ampoule d'un gaz absolument pur et exempt de vapeur d'eau, tel que l'azote ou de la vapeur de mercure; 2° Changement de place du dépôt par des courants gazeux de convection qui l'empêcheraient d'adhérer au verre. Le premier procédé a donné de bons résultats, malgré la perte de chaleur par convection qui en résulte. En effet, cette perte par convection augmente lentement avec la température, environ comme la puissance 2,3 de la température; l'énergie radiée de la lampe croît, au contraire, comme la puissance 4,7 de la température. On voit donc que si la température est très élevée, comme c'est le cas avec le tungstène, il peut y avoir économie malgré la convection due au gaz. Il ne faut pas perdre de vue que l'effet refroidissant du gaz sur le filament est d'autant plus grand que ce dernier a un diamètre plus petit; on a donc intérêt, dans ces lampes, à prendre un gros filament de tungstène.

Les lampes récemment établies sur ces données ont permis d'obtenir 0,4 à 0,5 watt par bougie avec une durée de 1000 heures sans noircissement de l'ampoule, mais elles absorbaient 20 à 30 ampères en donnant près de 4000 bou-

gies décimales. De telles lampes s'adaptent facilement, comme on le devine, avec un transformateur sur les distributions à courant alternatif; mais sur le courant continu on ne peut guère songer qu'à les monter en série. D'autres, qui ne prennent que 10 ampères sous 5 à 6 volts, ont été utilisées dans des phares de voitures automobiles. En somme, comme nous le disions plus haut, il n'est pas encore question de substituer ces nouvelles lampes aux lampes actuelles d'un faible pouvoir lumineux, mais elles pourront aider à résoudre certains problèmes pour lesquels un éclairage intense est demandé. A. S.

Comparaison de la cuisine électrique avec la cuisine au gaz. — A. Steinhardt, dans l'*E. T. Z.*, résume une étude de W. Vogel sur cette question.

L'auteur s'est servi dans sa maison de la cuisine au gaz pendant sept mois, ensuite pendant les quatre mois suivants il a employé la cuisine électrique.

Dans les deux cas (gaz et électricité) les grosses pièces de viande étaient rôties à l'aide d'une cuisinière à charbon et l'eau chaude était fournie par une conduite d'eau chaude.

On se servit aussi du gaz, et de l'électricité ensuite, pour l'éclairage et le repassage.

Vogel a trouvé un rendement de 35 à 40 pour 100 pour ses appareils à gaz et de 82 à 85 pour 100 pour les casseroles électriques.

Voici les dépenses occasionnées par les deux systèmes, pour une famille de cinq personnes.

Gaz en 7 mois			340 m³
— 1 mois à raison de 0,15 fr le m³, cela donne			7,50 fr.
— 1 an, 600 m³, soit			90
Électricité en 4 mois	398,9 kw-h	à	0,25 fr.
— 1 —	100	à	25
— 1 an	1200		300
Charge maximum, en kw			2
Durée du fonctionnement en 1 an, en heures			600

Par tête pour un ménage de 5 personnes les dépenses étaient pour le gaz :

1 mois	10 m³	1,50 fr.
1 an	120 m³	18

pour l'électricité :

1 mois	20 kw-h	5 fr.
1 an	240 kw-h	60

Dépenses d'acquisition de 3 casseroles et d'une poêle à frire (appareils nickelés.)

Gaz, appareils	62,50 fr.
Amortissement, 10 pour 100, soit	6,25
Location du compteur	3,75
Electricité, appareils	250
Amortissement, 10 pour 100 et réparation, 5 pour 100	37
Location du compteur	22,50

Dépenses totales dans l'année :

Gaz	90 + 6,25 + 4,50 = 102 fr environ
Électricité	300 + 37,5 + 22,50 = 360 —

Gaz $\times$ 3,6 = électricité.

Vogel tire comme conclusion de ce tableau :

« Éclairez à l'électricité, cuisinez au gaz, chauffez au charbon ». Pour que les dépenses en gaz et en électricité soient les mêmes, il faudrait que le rapport du prix de l'électricité à celui du gaz soit $\frac{120}{240} = 0{,}5$.

La consommation de gaz par tête et par an, 120 m³ est normale, tandis que celle donnée pour l'électricité paraît un peu forte. De même le prix d'achat 250 francs des appareils électriques est sensiblement trop fort et devrait être de 165 francs au maximum, les dépenses d'amortissement descendent ainsi à 25 francs annuellement.

Une différence notable existe entre le prix de location du compteur à gaz 4,50 fr et du compteur électrique 22,5 fr.

La conclusion finale :

Dépenses d'électricité = 3,6 dépenses de gaz n'est valable que pour Kattowitz où a eu lieu l'expérience. F. H.

Calcul des transformateurs. (*Elektrotechnik. u. Maschinenbau*, n° 29, 1911, p. 727.) — Feldmann et Loos calculent un transformateur pour un rendement annuel à choisir, de façon à obtenir un prix de revient minimum.

On trouve, dans une formule établie pour la détermination du prix, que les dépenses pour les matériaux de construction seront les plus faibles quand le produit de l'induction $\mathfrak{B}$ dans le fer par la densité moyenne de courant dans le cuivre d est maximum.

Pour ce produit $\mathfrak{B}d$, on établit une expression qui dépend de la puissance du transformateur, des pertes et des dimensions. Par une opération auxiliaire l'on trouve que les rapports des dimensions favorables du noyau sont indépendants de la puissance, du rendement annuel, de la fréquence, du facteur de forme, de la répartition et grandeur des pertes et qu'ils dépendent seulement d'une expression constituée par le produit des rapports du poids spécifique du cuivre à celui du fer, du facteur de plein du cuivre à celui du fer, du prix du cuivre à celui du fer. L'on tire de ces formules que les pertes dans le fer et dans le cuivre doivent être égales et que le prix diminue avec la fréquence.

Si les résultats trouvés par ce procédé ne sont pas applicables, l'on peut, en gardant le rendement constant, faire varier les dimensions ou bien inversement. L'on trouve alors que les dépenses en matériaux actifs sont indépendants de la puissance, mais qu'ils sont directement proportionnels à la surface de refroidissement spécifique, et Pichelmayer a montré par le calcul que le premier moyen est le plus économique.

Une étude sur l'influence du rapport du prix du cuivre à celui du fer sur les dépenses exigées par un noyau de section circulaire montre qu'à mesure que le prix du cuivre par rapport à celui du fer est plus grand et que son coefficient d'utilisation de l'espace est meilleur, sa part dans les dépenses totales doit être plus élevée, pour obtenir un prix minimum. F. H.

La haute fréquence en T. S. F. (*Phys. Zeitschrift*, n° 12, 1911, p. 1131.) — On avait espéré qu'avec les étincelles périodiques à haute fréquence, on obtiendrait une intensité plus forte dans le téléphone récepteur. M. Austin vient de publier les recherches effectuées au Bureau of Standards de Washington. Il a trouvé, après de nombreuses expériences avec différentes stations, qu'aucune augmentation d'intensité n'apparaissait.

Dans ces essais on a comparé l'énergie mesurée en même temps par un galvanomètre et un téléphone. La comparaison des deux procédés permet d'évaluer la sensibilité du téléphone en fraction d'ampère.

On a trouvé qu'un courant de $1{,}3 \times 10^{-9}$ amp était encore entendu au téléphone. Si l'on étalonne l'appareil au laboratoire à l'aide d'un courant rigoureusement sinusoïdal l'on obtient pour :

900 t : min	$1{,}5 \times 10^{-9}$ ampère.
120 —	$1{,}5 \times 10^{-6}$

Si l'on compare ces résultats au résultat obtenu par sans fil, on remarque que la transformation par étincelles donne le résultat maximum. Cela peut s'expliquer en supposant que chaque étincelle périodique est composée d'une succession d'étincelles ou encore que des courtes et puissantes oscillations influencent la membrane mieux que des ondes sinusoïdales. F. H.

Les installations hydraulico-électriques en Italie. — Le gouvernement italien vient de demander au Parlement, qui l'a accepté, d'accorder les concessions de deux installations importantes.

Dans la première, située en Sardaigne, on utilisera les eaux du Tirso, dans la province de Cagliari. Ce fleuve, le plus important de l'île, n'a en été qu'un débit de 20 litres par seconde, mais en hiver, ses crues subites sont un véritable danger pour la vallée inférieure. Pour régulariser le débit, desservir une usine hydraulico-électrique et assurer l'arrosage de la partie inférieure de la vallée, on installera un bassin de retenue de 60 km de pourtour, d'une contenance de 30 millions de mètres cubes. La digue aura une hauteur de 53,5 m. On compte obtenir une puissance constante de 10000 chevaux avec un débit de 20 m³ à la seconde; on construira des canaux ayant ensemble une longueur de 30 km, au moyen desquels on pourra arroser une surface de 20000 hectares qui, actuellement, est complètement improductive, à cause du manque d'eau en été et des inondations en hiver. Les dépenses relatives à l'installation de la partie hydraulique sont estimées à 25 millions de francs; l'énergie électrique sera distribuée dans l'île entière.

La seconde installation est celle de Sila, dans la Calabre, un haut plateau situé à 1300 et 1900 m au-dessus de la mer, qui présente du côté de celle-ci une paroi abrupte. Le projet prévoit l'utilisation du Néto et de ses deux affluents l'Ampollino et l'Arvo ; on aménagera 3 bassins de retenue ayant respectivement des contenances de 157, 61 et 17 millions de mètres cubes; le débit constant sera de 15 m³ à la seconde. On construira deux usines hydraulico-électriques, l'une au-dessous de l'autre: la première utilisera 1100 m et la seconde 600 m de la chute, elles auront ensemble une puissance de 170000 chevaux.

L'énergie électrique sera distribuée dans la basse Italie, notamment dans l'Apulie, et utilisée principalement à actionner des pompes pour l'irrigation. On estime à 66 millions de francs la dépense totale, non compris le réseau de distribution de l'énergie électrique. Au bout de soixante années, les réservoirs, les centrales et les installations principales deviendront la propriété de l'État. L'énergie sera fournie aux services publics au prix de revient.

Une exposition d'électricité à Barcelone. — Par décret royal du 27 juin dernier, le gouvernement espagnol a déclaré officielle l'Exposition internationale d'électricité qui aura lieu à Barcelone en 1915 (avril-octobre).

Les travaux préliminaires de constitution de commissions et comités spéciaux sont déjà effectués à Barcelone, où les éléments officiels ont décidé de contribuer à donner la plus grande solennité à cette grande manifestation industrielle en préparation. L'État, outre une subvention d'un million et demi de pesetas, a décidé que chacun des ministères aurait un pavillon spécial dans l'enceinte de l'Exposition; le roi Alphonse XIII a accepté la présidence du comité d'honneur et a promis d'assister personnellement à l'inauguration.

La municipalité de Barcelone donne une subvention de 500000 pesetas et cède tous les terrains et édifices nécessaires, ainsi que le personnel technique et administratif pour la création des bureaux.

L'Exposition internationale d'électricité de Barcelone occupera une étendue superficielle de 80 hectares et, d'après les avant-projets connus, de superbes édifices seront élevés avec caractère permanent.

Le développement réellement prodigieux de cette grande ville industrielle qu'est Barcelone, dont la population est passée de 250000 à 700000 habitants en vingt-cinq ans, permet d'augurer le plus brillant succès à l'Exposition qui se prépare; la captation industrielle des nombreuses chutes d'eau dont la Catalogne est si riche, permettra, avant un an, d'apporter à la ville de Barcelone l'énergie électrique résultant de l'utilisation de près de 150000 kilowatts, ce qui ne peut que contribuer à la transformation radicale des industries actuelles et à l'électrification de grand nombre de services généraux de transports.

Grâce à cette prochaine transformation, la Catalogne en général et la province de Barcelone en particulier, véritable fourmilière d'usines, vont devenir un des marchés les plus favorables pour les industries électriques de l'étranger.

Les fours électriques à acier dans le monde. — En Europe, on rencontre, d'après l'*Iron Age*, comme fours existants de différents types:

Fours à électrodes :	
Héroult	22
Girod	17
Stassano	17
Keller	6
Chaplet	5
Elektrometal (Ludvika)	4
Grönwall	2
Lindenberg	1
Divers	3
Fours à induction :	
Röchling-Rodenhauser	18
Kjellin	10
Frick	2
Schneider	1
Hiorth	1
Divers	1

Et en Amérique :

Fours à électrodes :	
Héroult	7
Girod	4
Hering	2
Fours à induction :	
Röchling-Rodenhauser	1
Kjellin	1
Divers	4

Congrès électrotechnique international de San-Francisco. — Sous les auspices de l'American Institute of Electrical Engineers aura lieu à San-Francisco, pendant la seconde semaine de septembre 1914, un congrès international qui sera précédé d'une réunion de la Commission Electrotechnique Internationale. Le comité d'organisation a déjà élaboré le programme provisoire de ce congrès qui comprendra 12 sections.

1. *Production. Transmission et distribution de l'énergie électrique.* — Construction des centrales et sous-stations. Conduite et contrôle des installations. Transports à grandes distances.

2. *Construction du matériel électrique.* — Générateurs, moteurs, transformateurs. Appareils de commande.

3. *Transports électriques.* — Tramways, métropolitains, chemins de fer. Bateaux électriques. Chemins de fer de mines. Monte-charges.

4. *Emploi de l'électricité dans les installations industrielles et domestiques.* — Machines frigorifiques. Appareils de chauffage.

5. *Eclairage électrique.* — Lampes à arc et à incandescence. Bases scientifiques de l'éclairage.

6. *Appareils de protection. Surtensions.* — Disjoncteurs. Condensateurs. Phénomènes électrostatiques. Haute fréquence.

7. *Electrochimie et électro-métallurgie.* — Appareils et procédés.

8. *Télégraphie et Téléphonie.* — *a.* Envoi de signaux au moyen de conducteurs; *b.* Télégraphie et téléphonie sans fil.

9. *Mesures électriques. Appareils de mesure.* — Tableaux. Appareils transportables absolus. Etalons. Méthodes de mesures. Mesures absolues.

10. *Exploitation économique des centrales et réseaux.* —

Facteur de charge, facteur de puissance. Exploitation économique d'une centrale.

11. *Théorie de l'électricité. Physique.* — Radioactivité, rayons de Röntgen. Conductibilité des gaz et des vapeurs. Théorie électronique. Constitution de la matière.

12. *Divers.* — Développement de l'électrotechnique. Littérature électrique. Symboles et nomenclature. Etablissements d'enseignement électrotechnique.

Pour tout ce qui concerne les communications, rapports, s'adresser au secrétaire du comité d'organisation, Docteur E. B. Rosa, Bureau of Standards, Washington. P. N.

Nouvelle fabrication d'engrais azotés en Suède (*Journal du four électrique*, septembre 1913. — Une grande installation vient d'être achevée près de Johannesburg, en Suède, pour la fabrication électrique du carbure de calcium et du nitrate de calcium par un procédé perfectionné dû à l'ingénieur F. Carlson. Ce procédé est caractérisé par l'addition d'un peu de spath au carbure, pour améliorer la qualité du produit. Il y a 4 fours à courant alternatif simple de 400 kw pour la fabrication du carbure et 6 fours triphasés de 2666 kw pour la fabrication des nitrates.

L'usine génératrice a une puissance totale de 15600 kw; elle emprunte son énergie au Ljungan: toute l'installation hydraulico-électrique a coûté 6 250 000 fr; l'équipement électrique représente une dépense de 1 050 000 fr, les conduites 2 700 000 fr, les canaux et barrages 1 250 000 fr.

Grandes portées de télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 10 juin). — La station de Nauen près de Berlin, a pu échanger des signaux avec la station Sayville à Long Island, qui appartient à l'Atlantic Communication C° et est distante de 6500 km.

La station de Pennant Hells en Australie, a communiqué avec un vapeur muni d'une station du système Telefunken, qui se trouvait à 6700 km.

La nouvelle station de Awanni (Nouvelle-Zélande) a reçu des nouvelles de navires qui naviguaient entre Honolulu et Yokohama et qui étaient munis de postes Marconi; la distance la plus grande des communications a été de 7800 km.

F. L.

L'industrie électrique en Italie. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 7 août.) — La mauvaise situation générale du marché a un peu pesé sur l'industrie électrique italienne, mais n'a pas cependant arrêté son essor. De toutes les branches de l'industrie, aucune n'a aussi bien supporté les déplorables circonstances actuelles que l'électricité. En général l'industrie électrique souffre d'un mal important, c'est le manque de confiance, qui se traduit par l'hésitation des clients et des capitaux. Cela n'a pas lieu seulement avec les clients ordinaires, mais encore avec les autorités. Par exemple, la fabrique Tecnomasio Brown Boveri, de Milan, se plaint, dans son dernier rapport, de la lenteur des autorités à commander et à payer.

Les fabriques ne manquent nullement de commandes, particulièrement pour l'achèvement et l'agrandissement d'installations existantes, mais les conditions de paiement offertes sont inacceptables. Il arrive souvent que l'on commande à une grande fabrique un matériel complet, y compris les accessoires, à la condition que les paiements soient échelonnés sur plusieurs années. La concurrence acharnée que se font entre elles les grandes fabriques a amené une diminution des prix, de sorte que le besoin d'une entente se fait de plus en plus sentir.

Somme toute, l'industrie est en progrès, les fabriques construisent des machines de plus en plus importantes; par exemple, la Société Westinghouse, de Vado, a été chargée de la construction d'un grand nombre d'automotrices et de locomotives pour les chemins de fer de l'État. L'exportation de câbles et de matériel d'isolation continue à augmenter, ainsi que celle des petits moteurs; l'Amérique du Sud devient un client important de l'industrie italienne.

Le tableau suivant donne les résultats financiers obtenus par les principales Sociétés de construction, ces deux dernières années :

SOCIÉTÉS.	CAPITAL EN MILLIONS DE FRANCS.	BÉNÉFICE NET EN FRANCS.		DIVIDENDES EN CENTIÈMES.	
		1912.	1911.	1912.	1911.
Société générale Thomson Houston	9,0	586 248	575 560	6	6
Tecnomasio italiano Brown-Boveri	5,6 / 0,4	321 312	286 390	4,5 / 5	4 / 5
Societa nazionale delle officie di Savigliano	6,0	986 258	1 071 071	12	13
Societa italiana Westinghouse	4,0	- 248 447	- 268 856	»	»

Les pertes de la Societa italiana Westinghouse, ont un peu diminué en 1912.

Sur les 29 Sociétés les plus importantes de distribution d'énergie électrique, ayant des capitaux variant entre 4 et 25 millions de francs, 16 ont donné le même dividende que l'année précédente, 10 un plus grand et seulement 3 un moindre; on voit donc qu'en somme, elles n'ont pas souffert de la situation générale. En moyenne, le dividende a passé de 6 à 6,5 pour 100; deux d'entre elles seulement n'ont payé aucun dividende au lieu de 3 pour 100 l'année précédente. La Societa generale Italiana di Electricità Edison de Milan a distribué un dividende de 21,33 pour 100 en 1912 (20 en 1911). F. L.

Un nouvel élément au charbon. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 7 août.) — Le problème de la production directe de l'électricité par le charbon, vient de faire un nouveau pas en avant, grâce à MM. Baur et Ehrenberg, de Zurich. Les éléments à électrodes en fer et au charbon avaient ordinairement comme électrolyte de la soude fondue, ils se polarisaient rapidement, dès que l'intensité du courant qu'ils fournissaient était un peu élevée, car l'oxygène de l'air ne pouvait arriver assez vite à l'électrode de fer. Baur a eu la bonne idée de faire l'une des électrodes en argent fondu, qui a la propriété de dissoudre de grandes quantités d'oxygène. Après avoir procédé à des expériences préliminaires, en prenant un tube en porcelaine en forme de U, Baur et Ehrenberg ont construit leur élément de la manière suivante :

Dans un creuset en porcelaine à parois épaisses, d'environ 9 cm de diamètre extérieur, on fond environ 800 grammes d'argent; on place au-dessus le sel fondu (par exemple du silicate de potasse, avec 10 pour 100 de fluorure de silicium) dans lequel plongent des crayons de charbon. Dans l'argent fondu, plonge un fil de nickel, qui est isolé du sel fondu, au moyen d'un tube de porcelaine, ainsi qu'un autre tube en porcelaine dans lequel on envoie de l'oxygène.

Pour empêcher la chute de parcelles de charbon, on enveloppe les crayons d'une sorte de creuset poreux, en magnésie.

Avec une surface de charbon de 110 cm^2, un tel élément a donné en 5 heures plus de 22 000 coulombs; l'intensité moyenne du courant a été d'un peu plus de 0,1 ampère, la résistance intérieure de 0,46 ohm, la température de 1000°. On y a amené 4 litres d'oxygène dont le tiers a été dépensé pour l'électrolyse dans l'élément.

La force électromotrice du couple, à circuit ouvert, est de 1 volt. Quand le débit est de 0,2 A, la tension aux bornes tombe à 0,9 v; quand il est de 1 A, la tension tombe à 0,54 v.

Naturellement cet élément n'a aucune importance pratique, mais c'est le seul élément au charbon avec lequel, jusqu'ici, on ait obtenu une quantité notable d'électricité. F. L.

LES ÉLECTROS DE LEVAGE

L'introduction des électros de levage a modifié complètement les procédés de manutention du fer sous toutes ses formes. Bien que le principe d'application du flux de force magnétique au levage du fer soit très simple, ce n'est qu'après des essais longs et pénibles qu'on parvint à construire des appareils pratiques et suffisamment solides. L'électro-aimant doit pouvoir d'une part résister aux chocs mécaniques les plus violents et d'autre part posséder un enroulement d'excitation qui supporte sans danger de très hautes températures. Les premiers essais furent tentés en Amérique, où il semble qu'on reconnut en premier lieu les grands avantages que devait présenter l'électro-aimant pour l'industrie du fer. C'est également aux usines américaines qu'est due la vulgarisation de l'emploi des électros au transport des charges dans les usines métallurgiques. Les usines européennes, continuant les études américaines, apportèrent dans la suite des améliorations importantes aux types établis primitivement.

L'extension de l'emploi des électros de levage déterminée par les progrès réalisés dans leur construction et leur faculté d'adaptation à la manutention des formes différentes du fer est aujourd'hui si grande, qu'on peut dire qu'il n'existe plus que très peu de pièces de fer, fonte ou acier, auxquelles l'application n'en soit pas possible. L'électro-aimant de levage peut servir à transporter le minerai de fer, la fonte ou les produits laminés. Des essais ont été faits récemment sur des minerais de Suède, le résultat fut bon au point de vue technique quoique le rendement de l'électro, dans ce cas, est très inférieur aux valeurs normales par suite de sa mauvaise utilisation. La possibilité de transport des minerais par ce moyen est cependant démontrée.

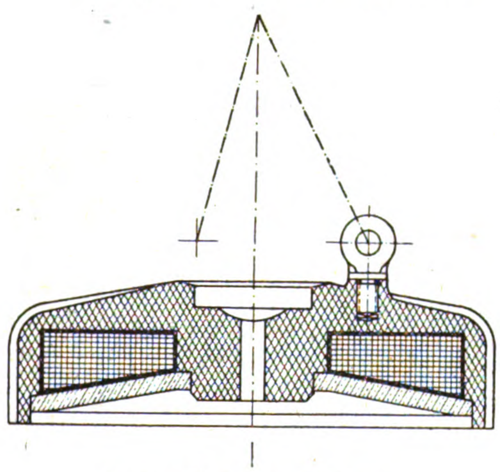


Fig. 1. — Électro-aimant de levage.

Les premiers appareils européens, construits en Allemagne, dérivent des types de la maison américaine Electric Controller A. Mfg. C° ; ils sont représentés figure 1. L'électro consiste en une carcasse d'acier coulé qui contient l'enroulement, protégé à sa partie inférieure par une forte plaque de bronze dur. La carcasse est pourvue intérieurement de fortes nervures qui servent à la renforcer en même temps qu'elles facilitent le refroidissement et le passage du flux. Ce type d'appareil a subsisté avec quelques modifications. Dans les nouveaux modèles les pièces polaires sont fixées à la carcasse par des boulons, de façon à être facilement remplaçables en cas d'accident. L'électro est suspendu par trois chaînes accrochées dans des anneaux vissés ou venus de fonderie. La bobine est protégée par deux plaques enfermant entre elles un matelas d'air amortissant les chocs.

Certaines usines construisent l'enroulement d'excitation en spires d'aluminium oxydé ; la couche d'oxyde remplaçant l'isolement ordinaire organique des fils de cuivre. L'enroulement est ensuite entouré de mica, séché dans le vide, plongé dans un isolant et placé dans la carcasse, dans laquelle on coule ensuite un mélange qui empêche le déplacement des spires de l'enroulement sous l'influence des variations de température et permet l'évacuation facile des quantités de chaleur développées dans l'enroulement. Un avantage des bobines en aluminium sur celles en cuivre consiste dans leur poids plus faible. La diminution de poids à force égale est d'environ 600 kg pour des électros de 1300 à 1500 mm de diamètre, soit environ 30 pour 100 du poids de l'appareil. Il en résulte pour les grues travaillant vite, qui atteignent 100 levées à l'heure, une économie d'énergie notable.

Les électros-aimants de la forme indiquée ci-dessus sont employés surtout pour la manutention des pièces massives à surface à peu près plane, telles que les plaques, les fortes tôles ou les lingots. Ils peuvent servir également au transport de riblons ou de limailles par faibles quantités.

Lorsqu'il s'agit de corps à surface irrégulière et de matériaux entassés d'une façon quelconque, on emploie d'autres types d'électros. Pour les riblons et les débris de fonte, il existe des appareils à pôles mobiles donnant de bons résultats par suite de la faculté des pôles de pouvoir s'adapter aux irrégularités des pièces à soulever.

Le tableau I contient quelques indications sur les dimensions, les forces portantes et les consommations d'énergie des électros-aimants à bobines d'aluminium de la maison Lauchhamner.

Tableau I.

Diamètre de la carcasse en mm.	Hauteur de la carcasse en mm.	Poids de l'électro en kg.	Puissance nécessaire en kw.	Force portante pour le levage de			
				Débris de fonte en kg.	Gueuses en kg.	Riblons en kg.	Lingots en kg.
750	270	400	1,5	200	280	200	4 000
975	285	750	2,5	250	400	400	6 000
1295	352	1700	6,5	500	700	650	20 000
1510	260	1800	6,5	700	1000	750	20 000

Les appareils de construction normale peuvent transporter des pièces dont la température ne dépasse pas 550 degrés, à la condition que chaque période de travail soit suivie d'une pause de durée équivalente ; c'est le cas des grues qui ne servent à transporter les lingots que dans un seul sens et reviennent à vide. La force portante diminue lorsque la température se rapproche du rouge et le magnétisme disparaît suivant les lois physiques. Il est possible de construire des électros pour soulever des gueuses ou des lingots à 550° C entassés régulièrement ; on prévoit dans ce cas un refroidissement par circulation d'eau du genre de celle représentée figure 2.

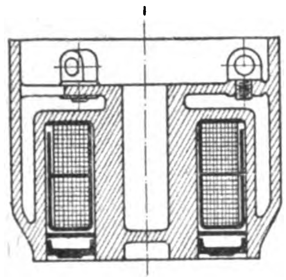


Fig. 2.
Électro refroidi par circulation d'eau.

Les poires des casse-fonte ou en général toutes les pièces à surface courbe sont manutentionnées avec des électros à pôles intérieurs raccourcis de façon à ce que la surface polaire puisse s'adapter sur celle de la pièce à enlever.

L'emploi croissant des électros-aimants de levage à la manutention des barres de fer amena les constructeurs à créer un type d'appareil dans lequel les lignes de force parallèles traversent les pièces à soulever dans le sens longitudinal entre deux pôles placés l'un en face de l'autre. Ces électros sont établis d'ordinaire en forme de fer à cheval. On les suspend à raison de deux ou trois électros à une même traverse et leur excitation a lieu simultanément.

Les barres sont saturées par les lignes de force parallèles sur une longueur de 700 à 1000 mm, de sorte qu'une chute des barres extérieures ne peut se produire.

Ce type d'appareil est supérieur pour cet usage aux électro-aimants à pôles mobiles qui avaient été employés tout d'abord dans les magasins à fers, car sa force attractive très élevée lui assure une grande sécurité de levage et permet la manutention de forts tonnages.

Le tableau II indique les dimensions et les forces attractives de un ou deux de ces électros.

TABLEAU II.

Dimensions de l'électro-aimant				Puissance absorbée	Force portante d'un électro			Force portante de deux électros			
Longueur en mm.	Largeur en mm.	Hauteur en mm.	Poids en kg.	en kw.	Lingots en kg.	Rails en kg.	Barres en kg.	Rails en kg.	Poutrelles en kg.	Barres en kg.	Toles longues en kg.
610	800	570	900	2,8	2500	2500	1800	5500	6000	4000	5000
850	1000	770	1100	4,5	5500	5800	2500	8000	9000	6000	5000

Les installations mentionnées ci-après donneront un exemple des divers emplois des électros de levage dans l'industrie ou le commerce du fer.

Dans les installations de hauts-fourneaux l'électro permet une simplification notable du transbordement de la fonte. Celle-ci une fois coulée se prend dans le sable en longs jets, qui doivent être cassés sur place et dont les débris doivent être enlevés dans le minimum de temps afin de laisser l'emplacement disponible pour la coulée suivante. Une façon d'opérer consisterait à transporter les jets de fonte hors du lit de coulée pour les conduire à un concasseur. Cette méthode, commode en elle-même, exige l'emploi de séries d'électros, ce qui élève sensiblement les frais d'installation, elle est d'ailleurs inapplicable dans beaucoup de hauts fourneaux. Les grues ou ponts roulants à électro-aimant permettent de procéder très vite ; elles sont munies d'un marteau qui casse les jets sur le lit même de la coulée et d'un électro qui rassemble et emporte les débris. Cette méthode rend inutile le casseur ; elle permet en outre une grande économie de personnel, car toute la manœuvre peut être faite par deux hommes sur le pont roulant dont l'un au marteau et l'autre à l'électro. La commande du marteau peut être pneumatique ou mécanique.

Les hauts fourneaux d'Ückingen emploient un pont roulant de ce type, dont la charpente consiste en deux poutres fortement entre-toisées sur lesquelles roulent deux chariots portant deux châssis rigides servant au guidage d'un marteau double et de l'électro-aimant.

La vitesse d'orientation des chariots de l'électro est de 120 mètres à la minute ; le poids de l'électro est de 2000 kg et sa charge moyenne en débris de fonte de 800 kg. Il n'est pas nécessaire de choisir une grande vitesse d'orientation pour le chariot roulant portant le marteau, un chiffre de 30 mètres par minute environ suffit. Le chariot porte son moteur de translation et un second moteur à excitation shunt, marchant d'une façon continue, qui entraîne par engrenages deux poulies calées sur un même arbre. Sur ces poulies sont placées deux fortes courroies en cuir portant chacune à une de leurs extrémités un mouton d'acier de 100 kg. Le machiniste déclenche les moutons d'une hauteur de 4 à 5 mètres par un système de leviers.

Les manières d'utiliser de tels ponts peuvent différer suivant les conditions locales. Dans l'installation citée le conducteur du marteau commence à casser la fonte en se rapprochant lentement du fourneau. Le conducteur de l'électro reste en arrière, rassemble les morceaux cassés et va les charger sur des wagons placés sur une voie en contre-bas. Il serait possible de ne faire desservir le pont

roulant que par un seul machiniste qui commencerait par casser tous les jets et n'entreprendrait qu'ensuite la manutention des débris. Il est cependant préférable, afin d'obtenir un travail plus rapide, de s'en tenir à la première méthode.

On obtient un meilleur rendement de l'installation en ne déchargeant pas directement à chaque voyage dans les wagons, mais en emplissant une trémie mobile placée à proximité du lit de coulée qui est ensuite conduite à la voie de chargement et basculée sur les wagons. L'avantage peut être très important lorsque les voies sont éloignées du fourneau [1].

Les électro-aimants ont permis d'apporter une grande simplification à la charge des fours Martin par le procédé fonte-riblons qui exige la manutention de gueuses et d'une grande quantité de ferrailles. C'est en particulier pour ces dernières entassées et enchevêtrées, de poids et

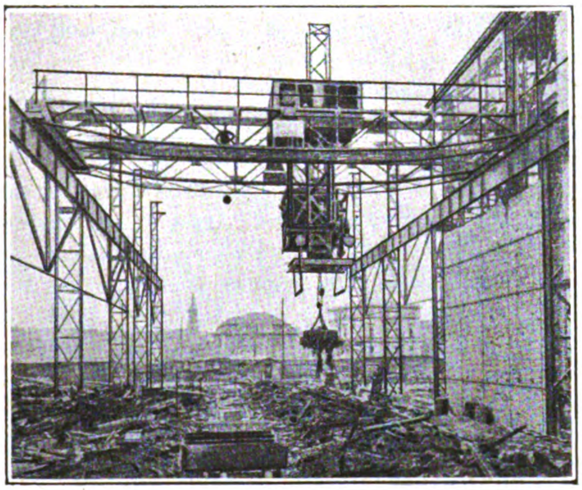


Fig. 3. — Pont-roulant pour la manutention des ferrailles.

de forme variable à l'infini, qu'il est commode d'avoir un électro permettant une manutention rapide et économique. L'emplissage des cuillers de chargement des enfourneuses est très accéléré et simplifié.

La figure 3 montre une installation de la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, remarquable en ce sens que l'emplissage des cuillers de chargement et leur transport à la plate-forme du four sont réalisés par le même engin. L'électro-aimant emplit tout d'abord les cuillers placées sur un wagonnet. Il est ensuite décroché et les cuillers sont enlevées et emportées par deux étriers oscillants fixés à un châssis rigide, mobile de bas en haut, faisant corps avec le chariot commandé par le conducteur.

L'électro est également commode sur les grues casse-fonte des parcs à ferraille des usines métallurgiques. Il exige moins de personnel que les casse-fonte à décrochage mécanique et permet en outre de diriger exactement la poire, dont le centre de gravité se trouve toujours dans

[1] *Stahl und Eisen*, 1912, n° 18.

l'axe du crochet. Il en résulte que l'opération du cassage peut se faire absolument sans danger. Les débris de fonte sont ensuite rassemblés et transportés par l'électro très économiquement. On emploie encore des électros au chargement des cubilots dans les fonderies ; les nouvelles usines Sulzer, à Ludwigshafen, possèdent une installation de ce genre. La fonte, chargée par des électros dans des wagonnets culbutants, est élevée sur la plate-forme de chargement, et classée dans des trémies. Un wagonnet suspendu à un chariot roulant sur une poutrelle dessert les trémies et les cubilots. Le classement des fontes se fait sur la plate-forme [1].

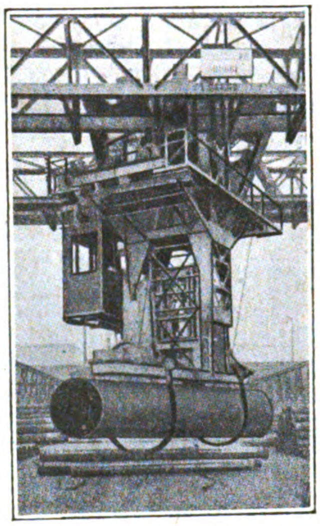


Fig. 4. — Pont-roulant pour la manutention des tubes.

Les électros destinés au transport des produits laminés sont en général pourvus de dispositifs chargés d'empêcher la chute de la charge en cas d'interruption brusque du courant. On utilise aujourd'hui presque exclusivement des électros en fer à cheval accrochés par paires à une traverse de charge. L'écartement des pieds du chevalet est de 45 mètres, la translation est commandée par deux moteurs à raison d'un moteur sur chaque pied; une transmission à pignon d'angle, comprenant deux arbres verticaux et un arbre horizontal, équilibre les efforts des deux moteurs et empêche qu'un des pieds du chevalet ne dépasse l'autre. Les deux moteurs ont une puissance unitaire de 26,7 chevaux à 400 tours par minute; ils communiquent au chevalet une vitesse de translation de 60 mètres à la minute, tant que la pression du vent ne dépasse pas 25 kg par mètre carré.

Le chariot, établi pour une charge utile de 5 tonnes, reçoit les moteurs et les engrenages. Il porte en outre latéralement deux châssis de guidage verticaux réunis sous les poutres principales du chevalet par un cadre rigide de façon à ce que la charpente du chevalet soit enfermée dans le châssis du chariot.

La cabine du conducteur est fixée à ce châssis. Les deux châssis latéraux servent au guidage de la traverse de charge, à la montée et à la descente.

Cette traverse est suspendue à deux tambours à câble commandés par un moteur électrique à courant continu, 500 v, excitation série, d'une puissance de 41 chevaux, à 610 tours par minute. La vitesse de levée est de 12,50 m à la minute. Deux petits chariots dont l'écartement est réglable sur la traverse supportent les électros.

[1] *Stahl und Eisen*, 1912, p. 1612.

Quatre griffes peuvent être placées sous la charge dans le cas où son transport est jugé difficile. Ce dispositif de sécurité n'est employé que pour les très fortes charges et dans la position de levée la plus haute ; il reste inutilisé pour la manutention des charges moyennes et pour le chargement dans les wagons de chemins de fer. Le mouvement d'orientation du chariot est commandé par un moteur de 19,5 chevaux à 680 tours par minute ; sa vitesse varie entre 80 et 100 mètres à la minute.

La figure 4 représente la photographie d'une grue de la Maschinefabrik Augsburg-Nürnberg servant au transport

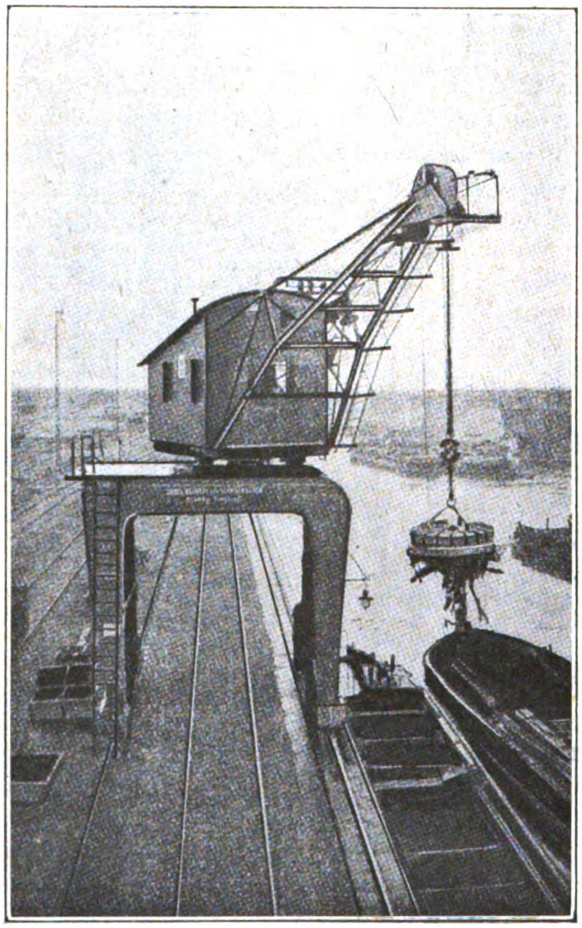


Fig. 5. — Grue de quai.

de tubes en acier. La grue est munie de 8 électros suspendus côte à côte à une même traverse ; leurs surfaces polaires concaves peuvent s'adapter sur celles des tubes. La force portante totale des électros est de 10000 kg. La traverse est guidée dans un châssis rigide fixé au chariot et mobile autour du centre ; le dispositif de sécurité est constitué par 4 griffes.

Le prix croissant des ferrailles et la difficulté de leur manutention à la main explique la faveur que s'est acquise l'électro dans ce domaine. La figure 5 montre une grue de déchargement munie d'un électro qui rend la manutention des pièces de fer rapide et facile et bien plus économique qu'à l'aide des engins habituels. M. A.

APERÇU
SUR LA
COMMANDE ÉLECTRIQUE DES TRAINS DE LAMINOIRS

(SUITE ET FIN [1])

CALCUL DU VOLANT D'UN GROUPE ILGNER. — Nous signalerons, en passant, un procédé graphique très simple et donnant en pratique des résultats bien suffisants.

La principale difficulté du problème réside dans le choix convenable de la valeur du glissement γ à adopter. De cette valeur dépend en effet et les dépenses d'installation (intérêts et amortissement du volant) et les puissances perdues (frottements du volant sur ses paliers et dans l'air, puissance électrique perdue dans les résistances du régulateur de glissement), pertes qui sont aussi fonction du temps de marche.

En toute rigueur, il conviendrait donc de déterminer dans chaque cas particulier la valeur de γ correspondant à un minimum de ces dépenses, mais il faudrait alors évaluer les diverses pertes, ce qui conduit à des formules empiriques assez compliquées. Aussi se contente-t-on souvent en pratique de prendre pour γ une valeur comprise entre 8 et 25 pour 100 (généralement 8 à 15 pour 100).

Afin de ne pas arriver à des volants d'un poids trop considérable, on compte aussi généralement sur une

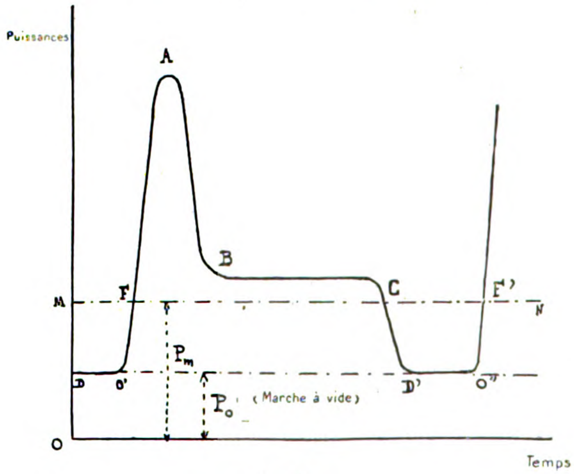


Fig. 23.

certaine élasticité des groupes de la centrale et on se fixe une limite pour la variation de puissance absorbée admissible (par exemple 10 pour 100 de P_a moyen).

Le rendement moyen du moteur étant approximativement connu (par exemple $\eta_m = 0,90$), ainsi que la courbe des puissances nécessaires pour assurer une passe déterminée (celle correspondant aux plus longues barres),

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 522 du 25 sept. 1913, p. 419, et du 10 octobre 1913, p. 447.

on pourra tracer la courbe des puissances que devra fournir la génératrice de manœuvre $f(t'')$ (fig. 25). (Afin de ne pas avoir un démarrage très laborieux, il sera bon d'augmenter de 10 pour 100 les ordonnées de cette courbe). Soit T l'aire de la courbe (fig. 24) exprimée en kgm. La puissance moyenne fournie par la génératrice pour une passe sera donnée en chevaux par :

$$P_m = \frac{\text{aire T (kgm)}}{\text{temps de la passe} \times 75}$$

Cette puissance moyenne est représentée sur le diagramme par la droite MS, l'excédent de puissance nécessaire représenté par l'aire MABC = A (kgm) devant être fourni par le volant si l'on ne veut pas absorber plus que la puissance moyenne.

Travail que devra fournir le volant. — Si maintenant η_g et η_v représentent les rendements moyens approximatifs de la génératrice et du volant (par exemple $\eta_g = 0{,}92$, $\eta_v = 0{,}95$), le travail total que devra développer le volant par sa force vive, si nous voulons que la puissance demandée à la centrale reste constante à 10 pour 100 près par exemple, sera :

$$T_v = \frac{\text{aire } A \text{ (kgm)}}{\eta_g \times \eta_v} \times 0{,}9$$

On a d'autre part : $T_v = \frac{1}{2} K (\omega_1^2 - \omega_2^2)$

avec

$$\omega_1 - \omega_2 = \gamma \text{ pour 100 de } \omega_1.$$

D'où l'on déduit la valeur de K.

Détermination du PD^2 du volant. — On a :

$$PD^2 = K \times 4g$$

d'où l'on tirera la valeur du poids du volant $P = \frac{PD^2}{D^2}$.

Diamètre, vitesse et constitution des volants. — Afin de diminuer le poids de la jante des volants, on leur donne un assez grand diamètre.

Pour les volants les plus lourds on ne dépasse que bien rarement 40 tonnes et un diamètre extérieur maxima de 4,40 m, limite maxima imposée par le gabarit des voies ferrées.

Lorsque ce poids de 40 tonnes est insuffisant pour réaliser un tamponnage convenable, on préfère claveter deux volants identiques côte à côte sur le même arbre.

La vitesse périphérique maxima admise est de 40 m : sec. pour les volants en fonte, 55 m : sec. pour les volants dont la jante est en fonte et les bras en fer.

Pour les groupes de tamponnage de trains de laminoirs ou de machines d'extraction, on emploie le plus souvent aujourd'hui des volants en acier coulé et recuit affectant pour les volants légers la forme d'un disque plein (vitesse périphérique maxima de 110 m : sec.), pour les volants lourds la forme d'un disque évidé (vitesse périphérique de 80 à 95 m : sec.)

La Compagnie Westinghouse a construit en Amérique un système spécial de gros volant comportant une roue dont les rayons et le moyeu sont en acier coulé, alors que la jante est constituée par des tôles d'acier disposées comme les tôles d'un induit de dynamo de grand diamètre. Ces tôles, dont les joints sont contrariés, sont reliées aux rayons par assemblage en queue d'aronde et serrées entre deux anneaux d'acier forgé solidement rivés entre eux. Ce serrage détermine, grâce au coefficient de frottement des surfaces des tôles, une grande cohésion de l'ensemble.

L'application de ce système de volant a été faite en Amérique au tamponnage d'un gros train réversible (2 volants de 4 m de diamètre, d'un poids total de 90 tonnes tournant à une vitesse périphérique de 76 m : sec.)

L'examen auquel nous venons de nous livrer, de diverses installations métallurgiques où fonctionnent de façon vraiment remarquable des laminoirs actionnés par moteurs à courant continu, confirme les réels avantages de ces moteurs qui, en raison de leur souplesse, de la facilité avec laquelle ils démarrent, varient de vitesse presque sans pertes et changent de sens de marche, semblent bien devoir encore longtemps détenir le monopole de la commande des gros trains réversibles.

D'autre part, l'exécution d'aussi grosses unités moteurs et génératrices à courant continu n'est pas sans présenter de difficultés (commutation défectueuse) et on rencontre encore aujourd'hui bien peu de dynamos de 1000 à 2000 chevaux. Enfin, et ceci constitue un réel désavantage, les moteurs continus ne permettent pas l'emploi de tensions supérieures à 1200 volts (on adopte très souvent 500 à 800), ce qui oblige à disposer le hall de laminage à côté de la centrale, si l'on ne veut pas dépenser un poids de cuivre inadmissible.

C'est là un gros obstacle à l'extension d'une usine métallurgique, qui doit toujours être en mesure d'installer de nouveaux trains. Combien d'usines belges ne se sont-elles pas vues dans l'obligation d'employer comme lignes d'alimentation pour leurs nouveaux moteurs de laminoirs de véritables conduites remplies de barres de cuivre ou d'aluminium de poids et d'encombrement énorme.

C'est ce désavantage, joint à la complication de l'appareillage que nécessitent les moteurs à courant continu, qui a aiguillé les recherches vers une solution économique de la commande des laminoirs continus qui ne nécessitent pas de démarrages fréquents, d'inversion de sens de marche ni de grandes variations de vitesse, par des moteurs asynchrones triphasés directement alimentés sous 3000 à 5000 volts.

Avec ces moteurs de construction simple même pour les très grosses puissances, d'une très grande robustesse et d'un entretien presque nul (pas de collecteurs), l'extension d'une usine métallurgique ne se trouve plus gênée, les halls de laminage pouvant se trouver à plusieurs kilomètres de la centrale.

Dans ce cas, l'alimentation des moteurs commandant les trains s'effectue suivant la distance et la puissance à transmettre, soit directement à 3000 ou 5000 volts, soit indirectement par l'intermédiaire de deux postes de transformateurs statiques élévateur et abaisseur et d'une ligne de transport à haute tension (15000 ou 28000 volts par exemple) de section très réduite.

Dans ce dernier cas, la perte de puissance en ligne, même pour une grande distance, est très faible.

Commande des trains par moteurs asynchrones triphasés. — *Quelques considérations sur l'emploi des moteurs asynchrones.* — On sait que la vitesse de ces moteurs, uniquement fonction de la fréquence et de leur nombre de pôles ($N = \frac{60f}{p}$, f fréquence, p nombre de paires de pôles) (1), varie peu avec la charge (2 à 3 pour 100 d'écart entre la marche en charge et la marche à vide). Toutefois le couple résistant d'un train de laminoir variant dans de larges limites, si l'on veut diminuer les à-coups dans la demande de courant à la centrale, il faudra munir les trains de lourds volants et, pour permettre à ceux-ci d'entrer en jeu, faire varier la vitesse du moteur.

Un premier moyen qui se présente tout naturellement à l'esprit consiste à agir sur la fréquence du courant d'alimentation (formule 1). Il a été expérimenté par plusieurs firmes et consiste à munir le moteur attaquant les alternateurs de la centrale de régulateurs permettant de grandes variations de vitesse.

Ce procédé a l'avantage de permettre aux volants une action régulatrice importante, mais il a le grand inconvénient d'entraîner la variation de la tension d'alimentation et, par suite, celle du couple des moteurs asynchrones, C étant proportionnel à U^2_{eff}, d'où pertubations inadmissibles sur le réseau. On a songé aussi, depuis son apparition, à utiliser le dispositif dit *changeur de fréquence* de M. Heyland (Bruxelles), déjà appliqué en Allemagne à la régulation de quelques moteurs de gros ventilateurs de mines, mais nous ne connaissons pas d'application industrielle de ce dispositif à la commande des laminoirs.

Un autre moyen, mais fort difficile à réaliser dans le cas de gros moteurs, en raison de son peu de souplesse, consisterait à modifier le nombre de paires de pôles p (formule 1).

Le seul procédé pratique, bien que limité, de réglage de la vitesse des moteurs asynchrones réside dans la variation de résistance du rotor par adjonction ou suppression de résistances (caractéristiques N (P). C (N), fig. 26 *a* et *b*).

Un tel moyen, pour être d'application facile, n'en est pas moins peu économique, la perte de puissance par effet Joule dans les résistances de réglage étant sensiblement proportionnelle à la chute de vitesse, d'où diminution sensible du rendement dès que cette chute devient importante. Aussi en pratique ne dépasse-t-on que fort rarement un écart de vitesse de 25 pour 100 entre la marche à vide et à pleine charge.

Si, dans le but de simplifier l'appareillage, comme on le fait dans certains moteurs de groupes Ilgner de faible puissance, on dispose à demeure sur le rotor une résistance fixe, les variations de vitesse ne pourront être obtenues que par une variation de la puissance demandée à la ligne, d'où forts à-coups à la centrale et aussi remise en vitesse plus longue du train après un à-coup.

D'autres solutions consistent, la première à intercaler à

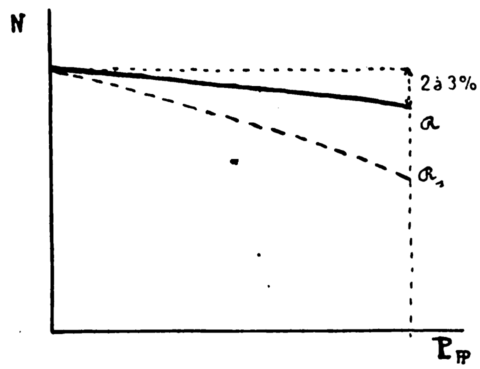
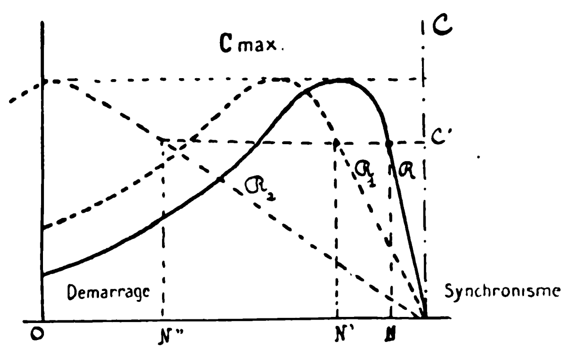


Fig. 26 *a*.

la main, au moment de l'à-coup, une résistance fixe que l'on met ensuite hors circuit, ce qui a le grave inconvé-



avec $R_2 > R_1 > R$

Fig. 26 *b*.

nient d'abaisser brusquement la vitesse au moment de l'introduction, c'est-à-dire de demander au volant un travail exagéré, ensuite d'augmenter brusquement le couple au moment du retrait de la résistance. Le deuxième procédé, qui consiste à recourir à des appareils automatiques mettant cette résistance en circuit au moment de l'à-coup, n'est pas plus heureux que le précédent, car ces appareils automatiques, tous constitués par une bobine parcourue par le courant du stator, pompent fatalement. Il est en effet facile de se rendre compte que, dès que la résistance est intercalée, le courant baissant, le relais court-circuite la résistance ; si l'à-coup subsiste, le relais fonctionne à nouveau et le pompage continue. D'où nécessité, soit de ralentir le relais, en espaçant ses actions, ce qui lui fait perdre de sa souplesse, ou bien, et c'est la solution qui semble avoir prévalu aujourd'hui, d'utiliser des appareils automatiques insérant graduellement des résistances échelonnées. C'est là le but des régulateurs de glissement ou ralentisseurs automatiques.

Régulateurs de glissement. — Dans les premières applications qui en furent faites à des systèmes Ilgner, le dispositif d'introduction des résistances était commandé par un régulateur centrifuge actionné par l'arbre du groupe, mais actuellement il est toujours commandé électriquement par l'action du courant de la ligne.

Le dispositif employé par la Société A. E. G. (fig. 27) consiste en une résistance liquide triphasée R_l constituée par trois bacs métalliques isolés les uns des autres et remplis d'une solution légèrement acidulée. Dans le fond de ces bacs sont placées des électrodes métalliques fixes, desquelles peuvent se rapprocher ou s'éloigner d'autres électrodes mobiles réunies électriquement et qui forment le point neutre du rotor. Les électrodes mobiles sont reliées à un levier commandé en son axe par un petit moteur asynchrone *m* à rotor très résistant dont le sens de rotation tend à sortir les électrodes du bain. Un contrepoids réglable *b* agit dans le même sens et équilibre le levier.

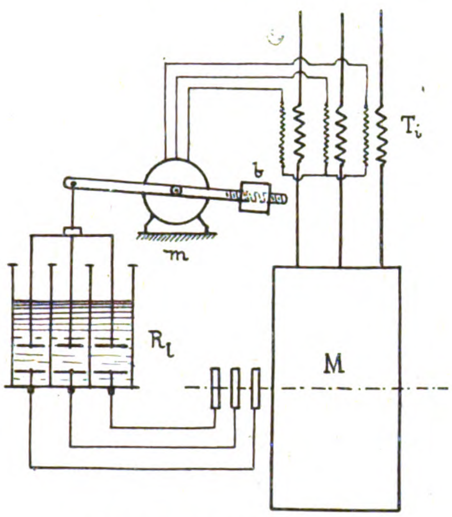


Fig. 27. — Régulateur de glissement.

Le stator du petit moteur *m* est mis en série avec la ligne du moteur principal M, soit directement, soit, dans le cas de gros groupes, par l'intermédiaire d'un transformateur de courant T. Le couple du petit moteur est ainsi proportionnel au carré du courant pris à la ligne, ce qui donne à ce régulateur une grande sensibilité et une grande rapidité d'action. La moindre augmentation du courant absorbé au-dessus du courant normal aura pour effet de soulever les lames plongeant dans le bac et d'augmenter les résistances en série sur le rotor, d'où glissement et appoint de puissance fourni par le volant.

Le réglage s'obtient en augmentant ou diminuant le bras de levier du contrepoids *b*. Si l'on diminue l'action de *b*, le petit moteur ne pourra soulever les lames d'une quantité donnée que pour un courant de ligne plus intense.

La Société Siemens utilise des résistances métalliques reliées à des plots sur lesquels se déplace un curseur solidaire d'un écrou dont la vis de commande est actionnée dans un sens ou dans l'autre par un petit moteur à courant continu. Le sens de rotation de ce moteur est commandé par un commutateur relié mécaniquement à un relais.

Ce relais est influencé par le secondaire d'un transformateur dont le primaire est en série avec la ligne. Une résistance réglable en série avec le relais permet de donner à la puissance constante absorbée par le groupe la valeur désirée.

D'autres maisons de construction, et parmi elles la Compagnie générale électrique de Nancy, construisent des ralentisseurs automatiques actionnés par régulateurs Thury.

La figure 28 représente schématiquement un ralentisseur automatique construit par la Compagnie générale électrique (Nancy) et en fonctionnement aux tôleries de Louvroil (Nord).

L'installation exécutée à Louvroil par cette dernière firme, avec la collaboration du service technique des tôleries, comprend l'installation de deux trains de laminoirs commandés par moteurs asynchrones triphasés 500 volts, 50 p : sec.

L'un des trains (fabrication des tôles fines) comporte quatre cages et un moteur de 300 chevaux, l'autre (grosses tôles) possède trois cages et un moteur de 600 chevaux. Les vitesses à vide de ces moteurs sont de 300 t : min. pour le moteur de 300 chevaux et 250 t : min. pour le moteur de 600 chevaux.

Chaque moteur est commandé d'une cabine comportant un tableau de manœuvre avec interrupteur-disjoncteur à maximum, voltmètre et ampèremètre.

Les moteurs attaquent les trains par larges courroies sur volants de 28 et 32 tonnes, respectivement de 8,05 m

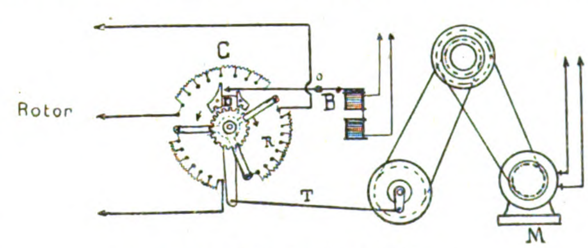


Fig. 28. — Ralentisseur automatique.

et 10,55 m de diamètre extérieur, tournant à vide à 65 et 60 t : min.

Les ralentisseurs automatiques comportent (fig. 28) une série de résistances graduées disposées entre les plots d'un commutateur fixe C, sur lesquels viennent frotter trois balais de charbon solidaires d'un croisillon et réunis électriquement pour former le point neutre du rotor du moteur. Ces balais sont entraînés sur les touches par un régulateur Thury.

Ce régulateur est constitué par un petit moteur M commandant par poulie et courroie une bielle T, laquelle imprime un mouvement d'oscillation permanent à un double cliquet D. Ce cliquet peut engrener par le bec de droite ou de gauche avec une roue dentée calée sur l'axe

du croisillon portant les balais, ce qui détermine leur avancement sur les plots dans un sens ou dans l'autre.

On règle l'appareil de façon à ce que, jusqu'à la valeur limite qu'on a choisie pour l'intensité, les cliquets oscillent sans entrainer la roue dentée. L'avancement dans les deux sens est d'un plot par oscillation double des cliquets. On peut d'ailleurs régler à volonté cette vitesse d'avancement.

La valeur maximum des résistances insérées sur le rotor est de 2 fois la résistance de celui-ci, et le glissement maximum possible obtenu de 15,5 pour 100.

La centrale de Louvroil comprend deux groupes électrogènes identiques marchant en parallèle.

Chacun de ces groupes est constitué par un alternateur triphasé de 400 kv-A (Cie G. E., Nancy), 50 p: sec., 500 v, à 115 t:min., directement accouplé à une machine à vapeur horizontale (Dujardin).

Les excitations sont assurées à l'aide d'un petit groupe transformateur rotatif : moteur asynchrone-dynamo, et d'une batterie d'accumulateurs de secours pouvant au besoin fonctionner en parallèle avec le groupe.

L'appareillage comprend, outre les appareils nécessaires au couplage et à la marche en parallèle des alternateurs, un panneau de départ par laminoir avec interrupteur disjoncteur à max., voltmètre et ampèremètre.

Grâce au bon fonctionnement des ralentisseurs automatiques et aussi à la marche régulière des alternateurs couplés en parallèle, on a pu, à Louvroil, assurer la marche simultanée des deux trains de laminoirs à l'aide d'une centrale de puissance normale sensiblement égale à la puissance des moteurs des laminoirs.

Ici encore la commande électrique s'est révélée bien plus souple que l'ancienne commande à vapeur, se traduisant et par une augmentation notable de la production et par une sérieuse économie, les trains de laminoirs étant actionnés autrefois par des machines à vapeur qui consommaient près de 20 kg de vapeur par cheval-heure effectif!

Si à Louvroil l'alimentation des moteurs asynchrones s'effectue à la moyenne tension de 500 volts, on rencontre actuellement, dans l'industrie métallurgique, beaucoup de moteurs de laminoirs alimentés directement à 2000-3000 volts.

C'est ainsi qu'aux usines électrométallurgiques d'Ugines (Savoie), établissements Paul Girod, un moteur asynchrone triphasé d'une puissance normale de 750 chevaux, 2500 v, capable de surcharges prolongées de 25 pour 100, instantanées de 100 pour 100, commande deux trains trios l'un de 525 mm à quatre cages, l'autre de 305 mm à six cages.

La vitesse du moteur est réglable entre 225 et 175 t:m. par insertion de résistances sur le rotor du moteur. Ici le régulateur de glissement est constitué par un régulateur Boutin qui agit sur les plaques plongeantes d'un rhéostat liquide.

Le train de 525 mm passe des lingots de 240 mm × 240 mm de section du poids de 450 kg (billettes = barres rondes, carrées et fers plats de section en général supérieure à 1500 mm²). Sa production atteint 45 tonnes en 12 heures.

Quant au train de 305 mm, il est alimenté en billettes d'au moins 70 mm de côté et donne des barres de petits profils (ronds, carrés, plats, mi-ronds, triangulaires); sa production est de 15 tonnes en 12 heures.

La Compagnie des Forges et Hauts fourneaux d'Allevard a commandé en 1912 à la Société Thomson Houston un moteur asynchrone triphasé de 300 chevaux, 3000 v, 200 t:min. destiné à actionner un petit train.

Application de la commande électrique aux laminoirs à cuivre. — La Société des usines à cuivre et à zinc de la Grivegnée (Belgique) a fait installer par la C. I. E. (Liège) un moteur à courant continu compound d'une puissance normale de 400 chevaux, 500 volts, pouvant supporter des surcharges instantanées de 100 pour 100. Ce moteur actionne un train de laminoir pour barres, fils et tubes Mannesmann en cuivre.

Le train finisseur attaqué directement par le moteur possède cinq paires de cages à cylindres de 250 mm d'axe.

Le dégrossisseur placé en face du finisseur est constitué par une paire de cages à cylindres trios de 450 mm d'axe et 1500 mm de table et par une cage à pignons. Sur son arbre est clavetée une poulie volant de 6 mètres de diamètre pesant 18 tonnes reliée par câbles au moteur. Sur le même axe, de l'autre côté du volant, est placé le train à barres comprenant une cage à pignons et une cage à cylindres de 450 mm de diamètre et 1500 mm de table, ensuite vient le laminoir à tubes attaqué par une transmission à engrenages.

La vitesse à vide du train est de 210 t:min., elle peut être amené à 385 t:min. par le réglage de l'excitation.

Le laminage des barres s'effectue aux basses vitesses (de 60 à 100 t:min.), la charge étant d'environ 150 chevaux.

Pour les fils la vitesse atteint 350 t:min. au finisseur et 100 t:min. au dégrossisseur. Comme cette vitesse doit rester sensiblement constante, on la règle à l'aide d'un shunt placé sur l'inducteur série du moteur.

Enfin pour le laminage des tubes Mannesmann, qui demande de très grands efforts et produit des à-coups considérables, on donne au moteur son excitation série maxima, ce qui fait tomber sa vitesse de 25 à 30 pour 100 et fait entrer en jeu le volant.

Application de la commande électrique aux laminoirs à plomb. — Aux usines de Beuthen, les anciennes machines à vapeur ont été remplacées par des moteurs asynchrones triphasés, 2000 v, avec démarreurs à bain d'huile.

Un moteur de 45 kw à 545 t:min. commande par engrenages et vis sans fin un train à deux cylindres de 3,25 m de long et 0,65 m de diamètre tournant à 7 t:min.

Un deuxième moteur de 45 kw à 545 t:min. avec dou-

ble réduction par engrenages, entraine un duo avec cylindres de 3 m de long et 0,50 m de diamètre tournant à 5 t : min.

Le laminage d'une plaque de plomb de 7 tonnes, 150 mm d'épaisseur, 1800 mm de largeur, exige pour une réduction d'épaisseur de 3 mm une puissance de 65 chevaux pouvant monter passagèrement à 75 chevaux.

Nous pourrions encore passer en revue toute une série d'applications heureuses de l'électricité au laminage, mais, ne voulant pas dépasser le cadre d'un simple aperçu sur la question, nous dirons seulement, avant de conclure, quelques mots sur la commande électrique des blocs à tréfiler.

Commande électrique des blocs à tréfiler. — On sait que la principale difficulté à vaincre dans la commande de ces appareils consiste dans l'obtention d'un démarrage progressif et sans choc.

C'est précisément à cause de la difficulté d'éviter tout choc au décollage, que les bobines de tréfilerie à commande mécanique ne peuvent produire qu'un faible allongement du fil à chaque passe par crainte des ruptures de fil. D'autre part, la commande mécanique se prête mal aux variations rapides et importantes de la vitesse et manque totalement de progressivité.

La commande du bloc par moteur électrique à courant continu, muni d'un démarreur à plots multiples et manette de réglage, permet au contraire une mise en vitesse progressive sans le moindre à-coup, la vitesse du moteur pouvant varier de 60 à 500 t : m, selon la nature et le diamètre du fil à travailler, par simple manœuvre du rhéostat de champ en série sur l'inducteur du moteur shunt.

Les bobines de tréfilerie sont actionnées soit directement par le moteur électrique soit par l'intermédiaire d'un train d'engrenages réducteur de vitesse.

Les excellents résultats obtenus par la commande électrique de ces machines, ont conduit certaines grandes firmes à construire des blocs à tréfiler électriques d'un ensemble compact, peu volumineux, présentant une grande simplicité de manœuvre, pouvant être confiés non plus à des ouvriers tréfileurs mais à des manœuvres intelligents.

Le type de bloc à tréfiler livré par la C. I. E. (Liége) présente l'aspect d'un bâtis cubique ayant les dimensions principales : hauteur 1,70 m, longueur 1,90 m, largeur 1,40 m.

Il porte, à sa partie supérieure ou table, la bobine verticale, le porte-filière, la tourette ou dévidoir et la broche de direction. Sa partie inférieure porte le moteur électrique et ses rhéostats de démarrage et de champ.

Une pédale de mise en marche, une d'arrêt et un levier de changement de vitesse sont disposés sur la paroi verticale du côté où se place le tréfileur.

Un frein automatique à électro aimant permet de gagner du temps et de réaliser une économie de force motrice, le bloc s'arrêtant de lui-même presque immédiatement et sans choc lors de la rupture ou de l'achèvement du fil à étirer.

Un autre avantage de ce bloc est de pouvoir tréfiler des fils de diamètres différents, la vitesse du moteur pouvant varier à volonté.

Les puissances absorbées par les blocs de tréfilerie dépendent de la résistance à la traction du métal utilisé, du diamètre du fil et de la différence des sections du fil avant et après son passage dans la filière.

A titre d'indication, et pour des travaux courants sur des fils en fer ou acier de 2 mm-3 mm de diamètre, on utilise des moteurs de 6 à 10 chevaux utiles ; pour des fils de 5 à 6 mm et plus de diamètre, des moteurs de 15 à 22 chevaux.

Une tréfilerie outillée avec de pareils blocs pourrait, avec des manœuvres un peu au courant du travail, produire, par journée de 10 heures, 4000 kg de fil fini de 3 mm de diamètre par bloc en service.

Dès le début de cette note, nous nous sommes attachés à montrer par une étude succincte que le moteur électrique, particulièrement le moteur à courant continu, pouvait, appliqué à la commande des laminoirs, être rendu aussi docile que la machine à vapeur. Nous avons vu qu'avec de tels moteurs, munis de dispositifs appropriés, on obtenait une grande souplesse et une complète automaticité, jusqu'alors inconnues dans la commande des gros trains réversibles ; des considérations d'économie faisant souvent préférer, pour l'attaque des trains continus variant peu de vitesse, des moteurs asynchrones triphasés munis de régulateurs de glissement.

Enfin, le rapide coup d'œil que nous venons de jeter sur diverses installations métallurgiques où fonctionnent de façon réellement satisfaisante, puisque partout il est résulté de l'électrification une économie de vapeur, une diminution de la fatigue des équipes et une augmentation notable de la production, des laminoirs attaqués par moteurs continus ou alternatifs nous autorise à conclure que les efforts exécutés pour la mise au point d'un matériel électrique spécial répondant aux besoins de la métallurgie ont été enfin couronnés de succès.

Ce succès a d'ailleurs marqué l'acheminement de la métallurgie dans la voie d'applications électriques de plus en plus nombreuses, l'électricité apportant au service d'une industrie si particulièrement active ses puissantes ressources, la variété et l'élégance de ses solutions.

A. Lafont et L. Barbillion.

RÈGLES NORMALES ALLEMANDES

POUR

LES LIGNES AÉRIENNES

La Commission nommée par la Société électrotechnique allemande, pour l'étude d'un règlement concernant l'éta-

blissement des lignes aériennes, a rédigé [1] les prescriptions suivantes :

I. Conducteurs. — a. *Validité des règles.* — Les prescriptions suivantes s'appliquent à toutes les canalisations aériennes, à l'exception de celles pour la prise de courant pour traction.

b. *Sections normales.* — Les métaux qui ont une densité de plus de 7,5 peuvent être employés en fils massifs, d'un diamètre de 3,5 ou 4,5 mm, correspondant à des sections de 10 ou 16 mm². Toutes les autres canalisations aériennes, comportant des métaux légers, ou bien des métaux de moins de 7,5 de densité doivent être exécutées en employant des câbles, et cela d'après les normes suivantes :

SECTION EN MM² (VALEUR NOMINALE).	NOMBRE DE FILS.	DIAMÈTRE DES FILS EN MM (VALEUR NOMINALE).	DIAMÈTRE DU CABLE EN MM (VALEUR NOMINALE).
16	7	1,7	5,2
25	7	2,1	6,3
35	7	2,5	7,7
50	14	2,1	9,2
70	19	2,1	10,9
95	19	2,5	12,7
120	19	2,8	14,2
150	30	2,5	15,9
185	37	2,5	17,7
240	37	2,8	20,1
310	61	2,5	22,9

Le pas de l'enroulement doit être de 12 à 15 fois le diamètre extérieur du câble.

c. *Matériaux.* — 1° On doit employer normalement du cuivre et de l'aluminium dont les propriétés répondent aux conditions suivantes :

DIAMÈTRE EN MM.			TRACTION EN KG QUI DOIT AGIR AU MOINS 1 MINUTE SANS ENTRAINER LA RUPTURE.		RÉSISTANCE SUPÉRIEURE EN OHMS PAR KG A 20° C.	
VALEUR NOMINALE.	VALEURS LIMITES DE	VALEURS LIMITES A	CUIVRE.	ALUMINIUM.	CUIVRE.	ALUMINIUM.
1,7	1,7	1,75	90	»	8,0	»
2,1	2,1	2,2	140	60	5,2	9,0
2,5	2,5	2,6	200	85	3,7	6,4
2,8	2,8	2,9	250	105	3,0	5,0
3,5	3,5	3,9	380	»	1,85	»
4,5	4,5	4,6	400	»	1,15	»

En outre lors de l'épreuve de résistance, les fils doivent avoir, à l'endroit de la striction, une forme conique accentuée.

Les tableaux de montage, donnés dans l'annexe, ont été calculés (voy. le paragraphe *d*) en admettant que, dans le cas le plus défavorable, la traction exercée soit de :

12 kg : mm², pour un conducteur massif en cuivre ;

16 kg : mm², pour un câble en cuivre ;

7 kg : mm², pour un câble en aluminium.

Les mêmes limites doivent être adoptées dans le cas où, exceptionnellement, la pose serait effectuée avec d'autres portées que celles indiquées dans les tableaux.

2° On peut employer d'autres métaux (ainsi que du cuivre et de l'aluminium ayant des propriétés particulières) en observant les prescriptions du paragraphe *b*, à la condition que l'effort de traction, dans le cas le plus défavorable (voy. paragraphe *d*) ne dépasse pas, pour des conducteurs massifs, un tiers et, pour des câbles, la moitié de la limite d'élasticité. Comme limite d'élasticité, il faut entendre l'effort de traction qui peut agir pendant une minute sur le métal sans produire un allongement permanent de plus de 0,2 pour 100.

En outre le métal doit avoir la forme d'un cône prononcé, lors de la rupture.

d. *Calculs de résistance.* — Les calculs de résistance doivent être effectués en admettant une température de — 20° sans surcharge et une seconde fois une température de — 5° et une surcharge, due respectivement au vent et à la glace. La surcharge est alors $(190 + 50 \times d)$ gr par m de conducteur, *d* étant le diamètre de ce conducteur en mm. Dans aucun de ces deux cas le conducteur ne doit travailler au-dessus des limites fixées au paragraphe *c*. Pour les conducteurs nus en cuivre et en aluminium, les efforts de traction et les flèches ne doivent pas dépasser les limites indiquées dans les tableaux annexes.

Si les points d'appui ne sont pas à la même hauteur, les mêmes valeurs limites doivent être adoptées, en considérant que la portée est égale à la distance horizontale entre les points d'appui, et la flèche à la distance mesurée verticalement entre la ligne de jonction des points d'appui et la tangente qui lui est parallèle.

e. *Jonction des conducteurs.* — Les jonctions doivent avoir au moins 85 pour 100 de la résistance des conducteurs à assembler. Les joints soudés ne doivent supporter aucun effort de traction.

f. *Conducteurs téléphoniques.* — En ce qui concerne les conducteurs téléphoniques installés sur des poteaux de lignes aériennes à haute tension, des prescriptions d'installation sont prévues.

II. Poteaux. — a. *Poteaux en bois.* — Les poteaux en bois pour lignes à basse tension doivent avoir en tête un diamètre d'au moins 13 cm, et ceux pour lignes à haute tension, d'au moins 15 cm. Quand les poteaux sont jumelés, le diamètre de la tête peut n'être que 12 cm.

Les poteaux imprégnés ou protégés d'une autre manière, contre la pourriture, ou bien ceux qui sont en bois particulièrement résistants (comme par exemple en mélèze) ne doivent pas travailler à plus de 110 kg : cm², et les poteaux non imprégnés en bois tendre, à plus de 80 kg : cm². Les mêmes valeurs doivent être admises dans le cas de poteaux jumelés.

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift* du 1er mai.

Dans le calcul des poteaux on doit admettre que la pression du vent atteint 125 kg par m² de surface perpendiculaire, des conducteurs et de la construction.

Dans les calculs, on prendra comme surface des conducteurs 0,5 fois le diamètre multiplié par la longueur et comme surface de poteaux 0,7 fois le diamètre multiplié par la longueur.

Au lieu du calcul indiqué ci-dessus, le diamètre D, de la tête du poteau dans le cas de ligne droite et de poteaux simples, peut être calculé par la relation :

$$D = 1{,}2\sqrt{DH}$$

quand les distances entre poteaux sont au maximum de :

80 m jusqu'à	110 mm²	de section totale des fils (y compris ceux de protection).
60 m de 110 à	210 mm²	—
50 m de 210 à	300 mm²	—
40 m au-dessus de	300 mm²	—

Dans la relation ci-dessus D est la somme des diamètres de tous les fils placés sur le poteau en mm et H la hauteur moyenne des fils, en m.

A la traversée de routes très fréquentées, les distances entre poteaux doivent être diminuées.

b. *Poteaux en fer.* — Les poteaux doivent être calculés pour résister à l'effort de traction au sommet et en outre à la pression du vent qui s'exerce sur le poteau lui-même. L'effort de traction au sommet est celui qui s'exerce dans un des axes principaux rapporté à la tête du poteau.

On détermine l'effort de traction au sommet en considérant l'effort du vent qui s'exerce horizontalement perpendiculairement au plan des conducteurs sur la moitié de la longueur des deux portées voisines. Les poteaux doivent pouvoir supporter au moins les deux tiers de cet effet, dans la direction de la canalisation.

Le règlement s'occupe ensuite des calculs de résistance, et de la pose des poteaux métalliques.

III. Points de fixation des conducteurs. — a. *Ligatures.* — Le fil à ligature doit toujours être du même métal que le conducteur et, dans le cas de métaux légers, autant que possible de même dureté. Les ligatures dans le cas de métaux légers doivent être protégées contre les frottements, les vibrations, etc.

Dans les parties qui ne sont pas en ligne droite la canalisation doit être posée de manière que l'isolateur travaille à la compression.

b. *Isolateurs.* — La tension de disruption des isolateurs à haute tension doit être au moins le double de la tension normale sous une pluie artificielle correspondant à une hauteur d'eau de 3 mm à la minute et inclinée à 45°. Les essais doivent être exécutés en imitant, autant que possible, les conditions pratiques. L'arrosage doit durer 5 minutes au moins et l'essai un quart d'heure.

Dans les isolateurs pour tensions supérieures à 2000 v, la tension à laquelle celui-ci est percé, doit être supérieure à la tension à laquelle éclate l'étincelle. Dans le cas d'isolateurs pour tensions inférieures à 2000 v, il suffit d'essais à la tension de 5000 v.

c. *Tiges.* — Les tiges des isolateurs doivent avoir les mêmes résistances que les poteaux métalliques. On recommande d'employer du chanvre pour le scellement de l'isolateur sur la tige.

IV. Prescriptions particulières dans le cas où l'on veut éviter l'emploi de filets de protection. — Si l'on veut éviter l'emploi de filets de protection il faut prendre des dispositions particulières entre autres :

1° Les conducteurs ne doivent travailler qu'à : 12 kg : mm² quand ils sont en cuivre câblé; 8 kg : mm² quand ils sont en cuivre massif; 5 kg : mm² quand ils sont en aluminium et en général seulement aux 2/3 de la valeur indiquée au chapitre I § *e*. Dans le cas de croisement de routes fréquentées, les poteaux doivent être calculés de manière que chacun d'eux puisse résister à tout l'effort exercé par l'ensemble des conducteurs, ou bien les deux poteaux réunis par un câble de traction, de résistance suffisante, doivent pouvoir résister à la différence des efforts.

On admet alors que, dans le cas de rupture de la canalisation dans une portée voisine, la traction exercée d'un côté seulement par la canalisation, doit être supportée par les deux poteaux.

2° La fixation des conducteurs aux isolateurs doit être effectuée de telle sorte que dans le cas de rupture d'un isolateur pouvant entraîner la formation d'un arc entre le conducteur et les parties en fer, les deux extrémités du conducteur fondu ne puissent pas tomber à terre mais soient retenues par des dispositions spéciales, comme attache renforcée, double attache, boucle de sécurité;

3° L'emploi d'isolateurs plus grands que ceux répondant aux conditions du chapitre III, § *b*, avec une augmentation de 50 pour 100 de la sécurité.

Quand des canalisations sont dans le voisinage de chemins fréquentés, de manière que les passants puissent être menacés par les fils rompus, il faut employer l'un des trois dispositifs indiqués ci-dessus. Dans le cas de croisement de routes très fréquentées ou d'une ligne à fort courant, de poteaux communs avec une de ces dernières, de traversée de localités, d'installations industrielles et de pièces de terrain habitées, il faut combiner deux de ces trois dispositifs.

Aux angles, la sécurité peut être augmentée, en employant des fourches retenant les fils qui tombent, ou bien en fixant les conducteurs à deux isolateurs.

V. Essais des lignes aériennes posées, dans le cas où la tension est comprise entre 2000 et 50000 v. — Avant la mise en service, ces lignes, y compris les entrées dans les stations et sous-stations, doivent être essayées à une tension égale à 1,5 fois la normale, appliquée entre elles et la terre. La durée de l'essai doit être de 30 minutes au moins. Si une étincelle éclate, l'essai doit être repris après réparation.

Afin d'éviter des surtensions, lors de l'essai la tension sera augmentée peu à peu.

Quand la ligne est disposée dans le voisinage d'autres lignes à faible tension, il faut prévenir les propriétaires de ces dernières avant de commencer l'essai.

A ces règles sont annexés les tableaux suivants, qui donnent les flèches et les efforts de traction aux diverses températures.

Lors de la pose, on porte les longueurs des flèches à partir des deux points d'attache d'un conducteur et en tendant celui-ci de manière qu'il ne se trouve en aucun cas au-dessus de la ligne de visée passant par ces deux points, ou bien on exerce l'effort de traction voulu au moyen d'un dynamomètre.

I. Tableau des flèches et des efforts de traction pour des conducteurs en cuivre nu.

CABLE EN CUIVRE DE 16 MM^2 DE SECTION TRAVAILLANT AU MAXIMUM A 16 KG : MM^2.

f, flèche en cm. — *P*, effort de traction en kg.

PORTÉES EN M. . . .	20		40		60		80		100		120		140		160		180	
TEMPÉRATURE.	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*
— 5 + surcharge	14	224	46	256	102	256	184	256	284	256	418	256	559	256	736	256	920	256
— 20	2	256	10	243	40	168	108	109	202	88	340	77	480	73	660	70	840	69
— 10	2	221	12	209	48	141	120	98	214	83	350	75	492	71	670	68	852	67
0	2	186	18	174	56	118	130	89	228	78	362	72	506	69	680	67	864	67
+ 10	4	151	20	142	64	100	140	82	240	74	374	70	518	68	692	66	876	66
+ 20	6	117	25	115	72	86	152	75	250	70	384	67	530	66	704	65	888	65
+ 30	9	85	32	93	82	77	162	70	260	67	396	66	540	65	714	64	899	64
+ 40	12	61	40	75	94	69	174	66	272	65	409	64	550	63	724	63	910	65

CABLE EN CUIVRE DE 25 MM^2 DE SECTION TRAVAILLANT AU MAXIMUM A 16 KG : MM^2.

PORTÉES EN M.	20		40		60		80		100		120		140		160		180		200		220		240	
TEMPÉRATURE.	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*
— 5 + surcharge	11	358	37	390	81	400	115	400	251	400	327	400	445	400	575	400	735	400	910	400	1110	400	1310	400
— 20	3	400	11	400	29	345	69	255	140	200	240	175	350	155	470	145	640	143	810	140	1000	135	1200	134
— 10	3	350	12	350	33	300	79	225	150	188	230	165	370	145	500	143	650	140	820	138	1016	133	1220	131
0	4	290	15	295	38	255	89	195	165	168	260	155	385	143	510	140	675	135	840	135	1052	131	1240	130
+ 10	5	238	18	245	46	213	101	175	180	151	270	145	400	138	530	138	680	133	855	134	1048	130	1250	130
+ 20	6	188	22	200	55	180	115	155	200	143	285	140	410	133	540	131	700	130	870	130	1072	129	1260	129
+ 30	8	133	28	158	65	155	127	140	220	135	300	135	420	130	550	130	710	127	880	127	1086	126	1280	125
+ 40	12	98	35	125	75	150	138	127	227	126	320	127	440	125	570	125	720	125	900	122	1100	122	1300	124

CABLE EN CUIVRE DE 70 MM^2 DE SECTION TRAVAILLANT AU MAXIMUM A 16 KG : MM^2.

PORTÉES EN M.	20		40		60		80		100		120		140		160		180		200		220		240	
TEMPÉRATURE.	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*
— 5 + surcharge	8	905	30	980	60	1064	100	1120	115	1120	224	1120	298	1120	395	1120	488	1120	615	1120	729	1120	882	1120
— 20	2	1120	11	1120	22	1120	48	1082	80	959	130	846	200	758	290	689	382	652	504	625	620	606	770	587
— 10	2	966	11	974	28	980	52	945	90	845	148	758	218	698	310	645	404	623	524	509	640	585	791	571
0	2	812	15	822	34	840	62	822	102	746	154	687	236	644	330	609	424	592	545	575	660	566	812	556
+ 10	4	658	20	675	40	714	72	708	112	665	180	630	254	598	350	575	442	565	565	556	681	547	832	542
+ 20	6	511	25	550	48	602	82	617	126	595	200	574	270	510	370	547	460	541	586	538	701	532	854	530
+ 30	9	371	30	441	56	504	98	559	140	534	215	551	290	525	386	524	480	522	608	520	721	518	874	518
+ 40	12	266	38	356	66	427	110	478	155	486	252	490	310	497	405	501	500	503	628	501	741	504	894	506

CABLE EN CUIVRE DE 16 MM^2 DE SECTION TRAVAILLANT AU MAXIMUM A 12 KG : MM^2.

PORTÉES EN M. . . .	20		40		60		80		100		120		140	
TEMPÉRATURE.	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*	*f.*	*P.*
— 5 + surcharge	18	162	60	192	134	192	244	192	374	192	534	192	»	»
— 20	2	192	20	151	88	74	192	59	326	54	508	51	695	50
— 10	2	155	26	106	98	66	204	56	336	55	516	50	702	50
0	4	122	32	85	106	62	212	54	344	51	524	49	710	49
+ 10	6	90	40	69	116	57	220	52	352	50	532	48	720	49
+ 20	10	81	49	59	122	52	230	50	360	48	541	48	730	48
+ 30	14	58	57	52	130	49	240	48	370	48	550	47	758	48
+ 40	20	42	64	45	138	46	248	46	378	46	558	47	»	»

Cable en cuivre de 70 mm² de section travaillant au maximum a 12 kg : mm².

Portées en m.	20		40		60		80		100		120		140		160		180		200		220		240	
Température.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.
— 5 + surcharge	8	840	32	840	72	840	130	840	202	840	298	840	396	840	524	840	644	840	810	840	980	840	1172	840
— 20	2	1050	12	945	35	805	78	650	1 2	556	250	494	320	464	455	441	580	434	749	427	908	415	1102	412
— 10	2	896	16	798	42	679	90	567	150	503	245	462	354	441	470	427	592	424	755	415	924	406	1120	406
0	4	742	20	655	50	573	104	497	165	460	260	458	360	424	486	413	608	412	770	406	940	399	1156	399
+ 10	6	595	25	552	60	482	116	445	180	426	275	415	374	406	502	402	622	400	786	398	956	392	1150	395
+ 20	8	448	30	427	70	412	126	405	198	398	290	395	390	392	518	391	638	391	804	391	971	388	1165	388
+ 30	10	318	38	345	78	358	136	368	212	372	305	377	404	380	530	382	652	382	820	384	988	384	1180	384
+ 40	14	244	44	281	90	318	148	338	224	350	320	360	418	367	546	371	668	371	852	360	1002	378	1198	378

Fil de cuivre de 10 mm² de section travaillant a 12 kg : mm².

Portées en m.	20		40		60		80		100	
Température.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.
— 5 + surcharge	20	118	84	72	185	120	538	120	521	120
— 20	2	120	40	41	145	27	500	24	480	25
— 10	4	98	50	55	152	26	508	23	490	25
0	6	77	58	30	160	25	512	25	496	22
+ 10	9	56	66	27	166	23	520	22	502	22
+ 20	12	40	72	25	172	25	526	22	510	22
+ 30	18	29	80	25	180	22	532	21	516	21
+ 40	21	21	86	21	184	21	540	21	522	21

II. Tableau des flèches et des efforts de traction pour des canalisations en aluminium nu.

Cable en aluminium de 35 mm² de section travaillant au maximum a 7 kg : mm².

Portées en m.	20		40		60		80		100		120		140		160		180		200		220		240	
Température.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.	f.	P.
— 5 + surcharge	16	210	35	245	135	245	222	245	310	245	465	245	670	245	880	245	1100	245	1320	245	1300	245	1620	245
— 20	5	245	15	244	45	98	150	51	260	46	00	40	570	57	800	57	1020	56	1300	55	1620	56	1920	55
— 10	8	188	60	158	60	74	170	46	275	4[illegible]	415	59	580	56	810	56	1040	55	15[illegible]0	55	1625	55	1950	55
0	10	151	20	105	8[illegible]	56	185	42	295	40	425	58	6[illegible]0	55	820	55	1060	55	1550	55	16[illegible]0	55	1950	55
+ 10	12	75	30	68	100	46	195	39	310	39	456	57	615	54	840	55	1080	55	1550	55	1650	55	1970	55
+ 20	16	39	40	46	115	40	210	57	325	57	450	56	620	55	860	55	1100	55	1560	55	1670	55	1980	54
+ 30	24	25	50	55	150	55	220	35	555	55	462	55	625	55	875	54	1110	55	1570	54	1690	54	1990	54
+ 40	30	21	65	30	145	52	250	55	550	54	475	54	650	32	900	55	1125	54	1580	54	1700	54	2000	55

F. L.

LES SECOURS A DONNER AUX ÉLECTROCUTÉS

Le nombre toujours croissant des usines génératrices, l'extension de leurs réseaux et par suite la nécessité pour elles de produire et de transporter l'énergie à des tensions élevées, font que, malgré les dispositifs automatiques, les avertissements et les précautions prises, il est à constater que, malheureusement, les cas d'électrocution sont de plus en plus fréquents.

D'après les expériences entreprises par la Commission du Ministère des Travaux Publics, il résulte que la gravité des lésions dépend essentiellement de la position relative du cœur et du trajet du courant dans le corps.

Si le cœur est intercalé dans le circuit, une intensité faible suffit pour provoquer la mort par arrêt du cœur en trémulations fibrillaires. Au contraire, si le cœur n'est pas atteint par le courant, une intensité beaucoup plus forte peut être supportée sans accident mortel, provoquant seulement un arrêt de la respiration par tétanisation des muscles thoraciques amenant une contraction des organes respiratoires et par suite l'asphyxie.

Dans ce cas, le muscle cardiaque n'étant pas principalement intéressé, le point essentiel pour le rappel à la vie de l'électrocuté est de rétablir le fonctionnement des organes respiratoires.

Dans ce but, on emploie la méthode des tractions rythmées de la langue de Laborde ou de mobilisation des muscles thoraciques de Sylvester, ou enfin la méthode de Quilly consistant à déplacer le diaphragme en refoulant vers le haut la masse intestinale, que l'on lâche ensuite brusquement.

Mais toutes ces méthodes très fatigantes à appliquer ne donnent que des résultats fort longs à obtenir et souvent très incertains.

Cette inefficacité tient surtout à la très minime quantité d'oxygène introduite à chaque mouvement dans les poumons, ainsi souvent qu'à l'ignorance et à la maladresse de l'opérateur.

Devant les faibles résultats obtenus, on a eu l'idée de pratiquer des inhalations d'oxygène ; mais si ce gaz

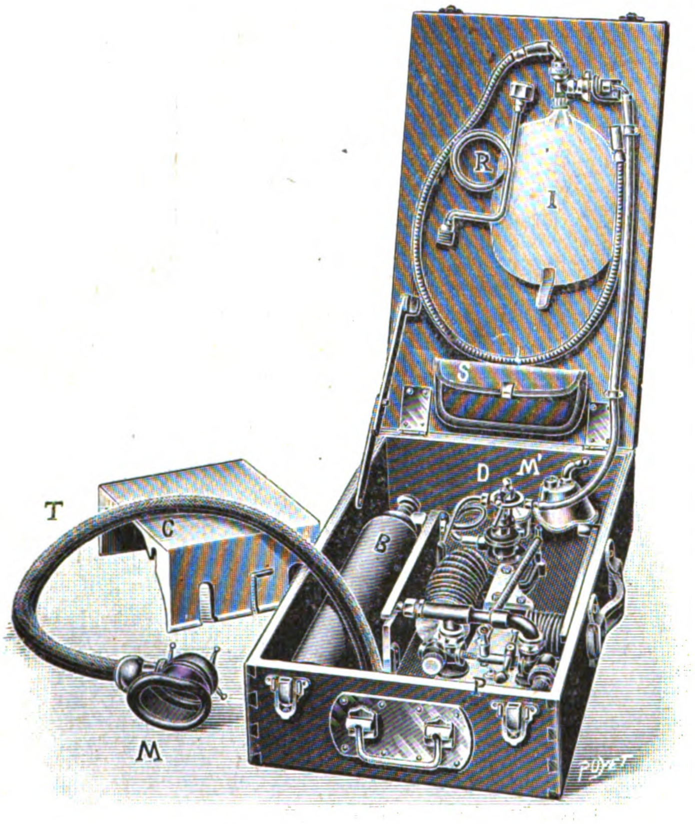


Fig. 1. — Appareil pour la respiration artificielle.

exerçait bien son action revivifiante sur les poumons, il ne pouvait être renouvelé, et y restait à l'état stagnant.

Pour obvier à ce défaut, il fut créé des appareils qui, par des soupapes et des robinets commandés à la main, donnaient alternativement une insufflation d'oxygène puis une aspiration du gaz contenu dans les poumons, mais leur complication les a fait rejeter dès leur apparition.

Enfin, supprimant toute commande à la main, une maison française, perfectionnant un type établi en Allemagne, basé sur un principe analogue, vient de construire un appareil de respiration artificielle automatique qui nous paraît appelé à rendre les plus grands services, dans les cas d'asphyxie en général, et particulièrement pour les secours aux électrocutés.

Sa fonction est d'opérer la respiration pulmonaire dans des conditions identiques aux données physiologiques.

Il refoule dans le poumon une quantité d'air suroxygéné en rapport avec la capacité de celui-ci et, lorsque la distension intra-pulmonaire atteint la pression normale de 18 cm d'eau, le renversement automatique de la distribution se produit et assure par aspiration l'évacuation de l'air précédemment introduit dans les poumons.

Dès que la dépression intra-pulmonaire atteint 20 cm (chiffre physiologique), le mouvement du courant s'inverse à nouveau avec refoulement d'air pur suroxygéné.

L'appareil provoque, par ses alternances, une véritable inspiration suivie d'une expiration, et à la fréquence de 16 périodes par minute.

Par réflexe, les contractions cardiaques sont stimulées, l'ondée sanguine reprend son cours et revient aux poumons se charger de l'oxygène nécessaire aux échanges.

L'appareil est essentiellement constitué par :

1° Un tube B en acier contenant 450 litres d'oxygène pur comprimé à 150 kg, dont le débit automatique est réglé par un détendeur D, et pouvant fonctionner 50 minutes.

2° Un injecteur-éjecteur actionné par le courant d'oxygène s'échappant par un orifice filiforme ; cet organe entraînant un volume d'air égalant quatre fois le volume d'oxygène, fonctionne en injecteur dans le temps correspondant à l'inspiration ; il joue le rôle d'éjecteur à la période d'expiration, aspirant ainsi le gaz vicié contenu dans les poumons.

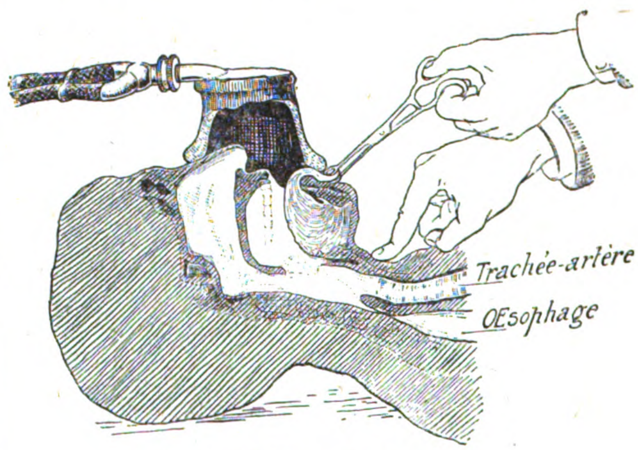


Fig. 2. — Mise en fonction du procédé.

3° Deux corps de pompe renfermant deux clapets qui effectuent le changement de la distribution. Ces clapets sont fort ingénieusement construits ; pour éviter toute fuite et tout collage, ils sont complètement métalliques et parfaitement rodés ; de plus et afin d'appliquer exactement sur leurs sièges, quel que soit le degré d'usure, ils sont montés entièrement libres à l'extrémité de ressorts.

4° Un régulateur pneumatique automatique recevant la pression ou la dépression pulmonaire et faisant effectuer

par un mouvement original et très simple le changement de distribution dans les corps de pompe.

5° Un tube flexible double séparant l'air pur d'inspiration de l'air vicié qui après l'expiration est rejeté au dehors sans mélange possible.

6° Un masque avec garniture élastique fixé à l'extrémité du double tuyau et qui assure la communication avec les voies respiratoires en étant maintenu par un bandage l'appliquant sur la bouche et le nez du sujet.

Enfin, et placé sur le couvercle du coffre, se trouve un appareil d'inhalation simple, que l'on utilise dès que la respiration naturelle a été rétablie.

Un robinet à deux voies avec position intermédiaire d'arrêt permet d'actionner soit l'appareil de respiration automatique soit l'inhalateur.

La mise en fonction est des plus simples : l'électrocuté est étendu sur le dos, le thorax surélevé (fig. 3) ; l'opérateur saisit la langue à l'aide de la pince *ad hoc* renfermée dans le coffre et l'attire fortement au dehors de façon à dégager les voies respiratoires (fig. 2) ; il applique le masque et le maintient énergiquement par la bande élastique. L'œsophage, n'étant pas obturé, pourrait donner accès de l'air dans l'estomac au détriment des poumons, aussi est-il nécessaire d'empêcher ce passage en appuyant le doigt sur le cartilage cricoïde (vulg. pomme d'Adam) ; cette manœuvre repousse la trachée-

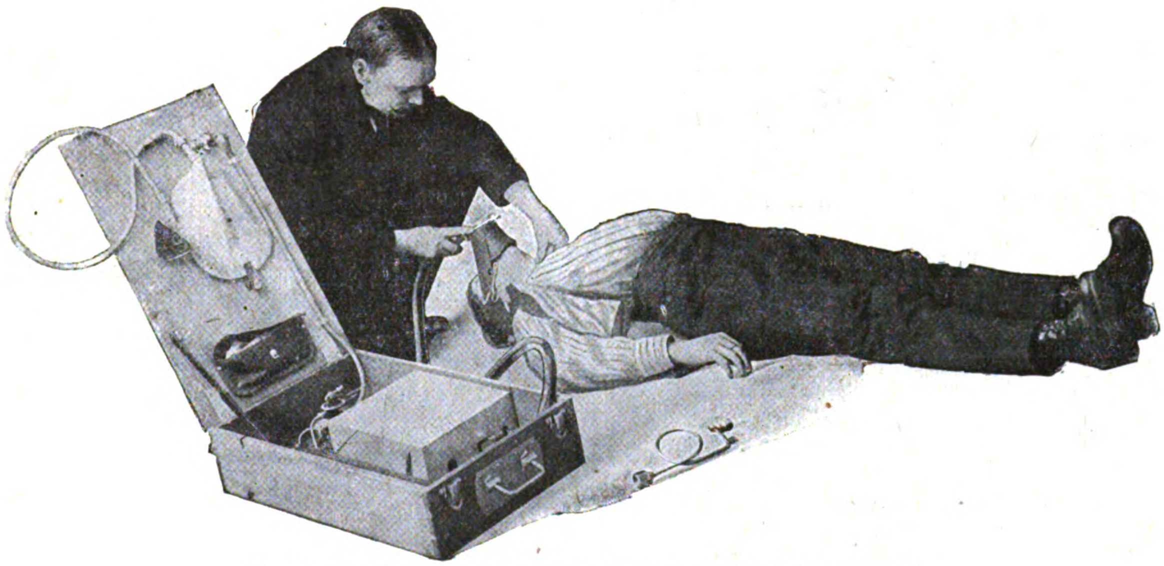


Fig. 3. — Emploi de l'appareil pour la respiration artificielle sur un électrocuté.

artère, tube résistant qui refoule et comprime l'œsophage qui, lui, ne présente aucune résistance à l'aplatissement (fig. 2).

En tournant le robinet de manœuvre, l'appareil se met en marche, sans bruit, commençant automatiquement par le temps d'expiration afin d'évacuer les gaz qui ont pu séjourner assez longtemps au contact des poumons ; le thorax se creuse, la dépression limite est atteinte, le déclanchement se produit ; le temps d'inspiration commence, maintenant la poitrine se bombe, l'oxygène arrive dans les poumons, puis lorsque la pression est arrivée à sa valeur, le mouvement inverse se produit et le cycle recommence, reproduisant exactement les phases de la respiration naturelle.

Lorsque l'on applique cette méthode en temps voulu, le rappel à la vie a lieu en quelques minutes, alors que les anciennes manœuvres nécessitaient souvent plus d'une heure d'efforts pénibles et souvent bien incertains.

Une démonstration intéressante de la souplesse de l'appareil qui s'applique automatiquement à une capacité pulmonaire quelconque est la suivante :

En place du masque, on branche un sac en étoffe imperméable représentant sensiblement le poumon. On voit à chaque période le sac se gonfler et se dégonfler suivant un rythme déterminé ; si l'on vient à serrer dans sa main une partie du sac, diminuant ainsi sa capacité, le rythme s'accélère, et si l'on obture complètement l'entrée du sac la vitesse devient très rapide, la fréquence passant de 16 à 90 périodes par minute.

Cet appareil a déjà rendu de grands services dans des cas d'asphyxie dus soit à l'absorption de gaz délétères soit à la suite d'immersion, ainsi que dans les accidents causés par l'inhalation d'anesthésiques dans les cas d'opérations chirurgicales.

Nous sommes heureux de constater que l'ingéniosité des constructeurs français a pu nous doter d'un appareil simple, robuste, pratique et qui se répandra vite sans doute dans toutes les centrales électriques. Notre but a été, en le faisant connaître, de faciliter le rappel à la vie d'un nombre d'électrocutés que nous voudrions voir devenir de plus en plus faible.

A. Z.

Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à **M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.**

Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à **M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.**

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 25 août 1913.

Sur l'intégration de l'équation donnant la distribution de la densité du courant alternatif dans les conducteurs cylindriques, par M. R. Swyngedauw. — On sait que la densité Δ d'un courant alternatif sinusoïdal, en fonction du temps, dans un conducteur cylindrique, satisfait à l'équation

$$\frac{d^2\Delta}{dx^2}+\frac{1}{x}\frac{d\Delta}{dx}+a\Delta=0, \qquad (1)$$

dans laquelle x représente la distance du point considéré à l'axe du conducteur, a un coefficient constant ; Δ une fonction imaginaire $A=jB$ (en posant $j=\sqrt{-1}$), qui représente en grandeur et en phase l'amplitude de la densité du courant à la distance x ; A et B sont fonctions de x seul.

On peut intégrer indirectement cette équation, comme lord Rayleigh, en constatant qu'elle est vérifiée si Δ est représentée par une série de Bessel ; mais ce procédé ne satisfait pas complètement l'esprit.

Potier a donné, d'autre part, l'expression de la densité du courant, en considérant l'équation différentielle qui lie la densité instantanée δ du courant au champ $\mathcal{H}$, en un point situé à la distance x de l'axe du conducteur

$$\frac{d\delta}{dx}=\frac{\mu}{\rho}\frac{d\mathcal{H}}{dt}, \qquad (2)$$

μ étant la perméabilité, ρ la résistivité du conducteur. Mais sa méthode est un peu compliquée.

Cette équation, combinée avec l'équation classique du champ $\mathcal{H}=\frac{2I}{x}$, m'a permis de retrouver l'expression la plus générale de la densité du courant sinusoïdal à l'intérieur du conducteur cylindrique par une méthode d'approximations successives très simple.

Considérons l'intégrale harmonique de l'équation (2) sous forme vectorielle imaginaire

$$\frac{d\Delta}{dx}=\frac{j\omega\mu}{\rho}\mathcal{H}, \qquad (3)$$

où ω est la vitesse de pulsation $\omega=\frac{2\pi}{T}$.

Soit Δ_0 la densité sur l'axe ; intégrons l'équation (3) par rapport à x ; on peut écrire en toute rigueur

$$\Delta=\Delta_0+\frac{j\omega\mu}{\rho}\int_0^x \mathcal{H}\,dx, \qquad (4)$$

$\mathcal{H}$ étant lui-même un vecteur harmonique de la forme

$$\mathcal{H}=X+jY.$$

Soit $\mathcal{H}_0$ l'expression d'un champ moyen dont les composantes X_0 et Y_0 sont les valeurs moyennes entre les deux valeurs extrêmes que peuvent prendre X et Y dans le cercle de rayon x. On peut écrire, comme première approximation,

$$\int_0^x \mathcal{H}\,dx=\mathcal{H}_0 x ; \qquad (5)$$

la densité se trouve ainsi exprimée, avec un terme exact et un deuxième approché, par

$$\Delta_1=\Delta_0+j\frac{\omega\mu x}{\rho}\mathcal{H}_0 ; \qquad (6)$$

on en tire l'intensité du courant à travers le cercle de rayon x :

$$I=\int_0^x 2\pi x\Delta\,dx=\pi x^2\Delta_0+\frac{j\omega\mu}{\rho}\int_0^x 2\pi x^2\mathcal{H}_0\,du ;$$

celle-ci devient, en posant

$$\lambda=\frac{\omega\pi\mu}{\rho},$$

$$I=\pi x^2\Delta_0+2\frac{\lambda j x^3\mathcal{H}_0}{3} ; \qquad (7)$$

de (7) on tire, pour le champ $\mathcal{H}$ à la distance x de l'axe, une valeur de deuxième approximation :

$$\mathcal{H}_1=\frac{2I}{x}=2\pi x\Delta_0+\frac{2\lambda}{3}jx^2. \qquad (8)$$

Cette valeur $\mathcal{H}_1$ étant substituée dans (3) et intégrée à nouveau, on obtient une nouvelle approximation de Δ avec deux termes exacts et un approché :

$$\Delta_2=\Delta_0+j\lambda x^2\Delta_0+2\lambda j^2\frac{\omega\mu}{\rho}\frac{x_3\mathcal{H}}{3^2}. \qquad (9)$$

En opérant ainsi de proche en proche, on voit que, si l'on part d'une expression de Δ avec p termes exacts et le $(p+1)^{\text{ième}}$ approché, on obtient, après une nouvelle correction, une expression à $(p+1)$ termes exacts et un $(p+2)^{\text{ième}}$ approché. Un des p termes exacts, $k\Delta_0 x^{2n}$ de l'expression Δ_p donne, dans l'expression de l'intensité qu'on en déduit, un terme

$$\int_0^x 2\pi x k\Delta_0 x^{2n}\,dx=\frac{2xk\Delta_0 x^{2n+2}}{2n+2}$$

et, dans l'expression du champ $\mathcal{H}=\frac{2I}{x}$ qui en résulte, un terme

$$\frac{4\pi k x^{2n+1}\Delta_0}{2n+2}.$$

A ce dernier terme substitué dans la relation (3) correspond le terme

$$\frac{4\lambda jk\Delta_0 x^{2n+1}}{2n+2}$$

et enfin, par l'intégration, ce dernier terme donne, dans la nouvelle expression de Δ, un terme

$$\frac{4\lambda jk\Delta_0 x^{2n+2}}{(2n+2)^2} ;$$

de sorte que, en définitive, à un terme $k\Delta_0 x^{2n}$ d'une certaine approximation de Δ correspond, après une nouvelle correction, un terme

$$k\Delta_0 x^{2n} j \frac{\lambda x^2}{(n+1)^2}.$$

De même, si, après la $p^{\text{ième}}$ correction, le terme approché de Δ_p a l'expression $k x^{2p+1} \mathcal{H}_0$, après la $(p+1)^{\text{ième}}$ correction, ce terme devient, dans la nouvelle expression, $\frac{4jk\lambda x^{2p+3} \mathcal{H}_0}{(2p+3)^2}$.

Le terme approché en $\mathcal{H}_0$ va donc rapidement en décroissant et en tendant vers zéro lorsque l'ordre de la correction s'élève.

Après un nombre indéfini de corrections successives, la densité Δ à la distance x de l'axe est donc donnée par la série suivante

$$\Delta = \Delta_0 \left| 1 + \frac{jz}{1^2} + \frac{j^2 z^2}{1^2 2^2} + \ldots + \frac{j^p z^p}{1^2 2^2 \ldots p^2} + \ldots \right. \qquad (10)$$

où

$$z = \lambda x^2.$$

On retrouve ainsi, par un raisonnement très simple et direct, que l'expression la plus générale qui intègre l'équation (2), dans le cas de conducteurs cylindriques, et sa transformée vectorielle l'équation (1), est la série de Bessel elle-même.

Sur la dissociation des bons électrolytes et la loi des masses, par MM. P.-Th. Muller et R. Romann. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 1er septembre 1913.

Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon, par M. Georges Claude [1]. — On sait que la différence de potentiel nécessaire pour entretenir la décharge dans un tube luminescent est d'autant plus élevée que le diamètre de ce tube est plus petit; la loi de cette variation n'est pas très bien connue. J'ai fait à ce sujet sur des tubes au néon quelques recherches dont on trouvera ci-après les résultats, très différents de ceux obtenus par Hertz et d'autres expérimentateurs et relatifs d'ailleurs à de tout autres circonstances.

Mes expériences ont porté sur six tubes de diamètres différents : 5,2, 6,8, 9,6, 15, 25, 45 mm, aussi cylindriques que possibles, électrodes cylindriques en cuivre de surface telle que la densité du courant y soit toujours inférieure à 0,2 ampère par décimètre carré. La distance entre électrodes, la même pour tous les tubes, était de 5 m. Avec des tubes aussi longs, la chute aux électrodes est faible, comparée à celle dans le tube et, en retranchant 350 volts de la différence de potentiel totale [1], on peut estimer que le reste représente assez exactement la chute de potentiel le long de la colonne lumineuse.

La différence de potentiel étant fonction de la pression du gaz, il fallait, pour que mes résultats fussent comparables, que cette pression fût la même dans tous les tubes. A cet effet, j'ai branché mes six tubes en dérivation sur un gros et unique récipient à charbon et je les ai vidés et formés ensemble à l'aide du procédé que j'ai décrit dans une Note précédente [1].

Le charbon est resté plongé dans l'air liquide et en relation avec la série de six tubes pendant toutes les mesures, de sorte que la pression variait très peu dans les tubes du fait de leur allumage, ce qui n'est pas le cas quand ils sont isolés. D'ailleurs la pression était mesurée dans l'ensemble à l'aide d'une jauge de Mac Leod. Elle était exactement de 2 mm de mercure à froid.

Les mesures s'effectuaient en faisant passer le courant alternatif (50 p : s) successivement dans chaque tube et notant simultanément l'intensité à l'aide d'un ampèremètre thermique et la différence de potentiel aux bornes avec un électromètre. Le courant n'étant maintenu sur chaque tube que quelques instants, de manière à ne pas risquer de le « démolir » par des gaz dégagés aux électrodes. Les différences de potentiel inscrites dans le Tableau ci-après doivent naturellement correspondre à *des densités de courant égales* dans les divers tubes, puisque ces différences de potentiel (au moins pour les gros tubes) diminuent quand le courant augmente. En admettant 1 ampère comme courant de régime type, pour le tube de 45 mm, les intensités correspondantes dans les divers tubes devaient être telles que la densité de courant reste sensiblement la même dans les tubes de 25, 15 et 9,6 mm de diamètre.

En réalité, les petits tubes ont été soumis à des densités de courant 1,5 à 2,5 fois supérieures parce que leur fonctionnement devient instable aux faibles densités, mais ceci ne paraît pas avoir grande importance, car j'ai justement constaté qu'avec ces tubes (10 à 5 mm) la différence de potentiel varie très peu avec le courant.

Les résultats ont été les suivants :

Diamètre du tube en mm.	Différence de potentiel aux bornes en volts.	Chute de potentiel dans la colonne en volts.	Chute de potentiel par mètre de tube en volts.
45	900	550	110
25	1250	900	180
15	1825	1475	295
9,6	2800	2450	490
6,8	3900	3550	710
5,2	4600	4250	850

La figure montre la courbe de la chute par mètre en fonction du diamètre, tracée à l'aide de ces chiffres. Or c'est assez exactement une hyperbole ayant pour équation

$$y = \frac{4800}{x},$$

ainsi qu'en témoigne le tableau suivant :

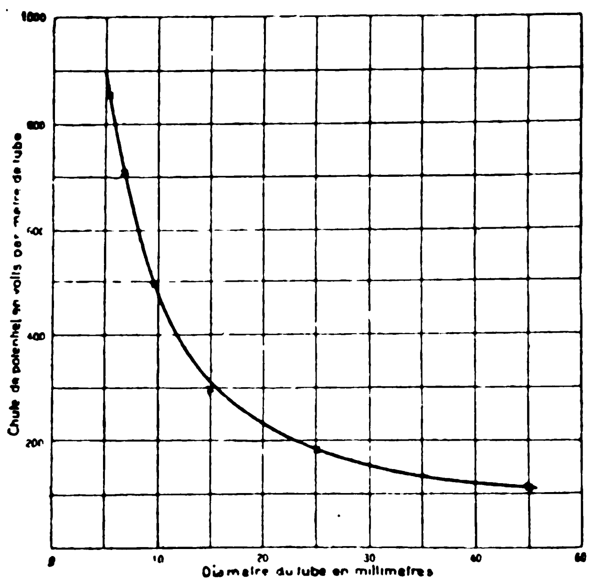
---

[1] Contenu d'un pli cacheté ouvert dans la séance du 25 août 1913.

[1] *Comptes rendus*, 12 décembre 1910.

x	y calc.	y vrai.
45	107	110
25	192	180
15	320	310
10	480	470
7	690	670
5	960	900

Un accident ayant amené la rupture de quelques-uns des tubes de l'ensemble précédent, on a dû en refaire



d'autres et reformer tout le groupe, et j'ai recommencé une série d'essais qui ont donné les résultats suivants (pression du néon : 1,8 mm).

Diamètre du tube en mm.	Différence de potentiel aux bornes en volts.	Chute de potentiel dans la colonne en volts.	Chute de potentiel par mètre de tube en volts.
45	850	500	100
25	1300	950	190
15	2100	1750	350
10	2600	2250	450
7,2	3800	3450	690
5,4	4800	4450	890

Les points d'expérience se placent d'une façon un peu moins satisfaisante que dans le cas précédent, mais la courbe tracée d'après eux se confond sensiblement, ici encore, avec l'hyperbole $y = \frac{4800}{x}$, et la coïncidence est encore plus satisfaisante pour la courbe moyenne construite d'après les deux précédentes.

Ainsi sans que les mesures ci-dessus aient la précision nécessaire pour permettre d'affirmer la rigueur d'une loi qui serait vraiment curieuse, si elle se confirmait, on peut dire qu'à densité de courant égale, dans les conditions où je me suis placé, la chute de potentiel le long de la colonne est, en gros, inversement proportionnelle au diamètre. Elle doit devenir sinon nulle, du moins très faible pour des tubes de très gros diamètre.

Cette influence profonde du diamètre du tube sur la décharge est d'ailleurs corroborée par un phénomène connu. On sait en effet que, lorsque la décharge est stratifiée, la distance entre deux stries ne dépasse jamais notablement le diamètre du tube.

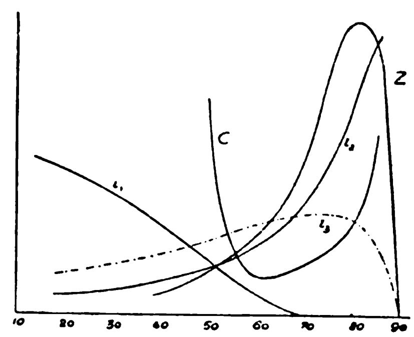
Séances des 8 et 15 septembre 1915.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

REVUE DE LA PRESSE

MOTEURS

Démarrage des moteurs à répulsion. — L'intensité du courant de démarrage d'un moteur à répulsion atteint 2 à 3,5 fois l'intensité du courant normal, et le couple de 2 à 3 fois le couple normal. On obtient un couple de démarrage faible en amenant les balais dans la zone neutre, puis dans la position de court-circuit. La courbe i_1 de la figure montre la variation du courant dans une bobine du rotor mise en court-circuit, suivant la position des balais; i_2 est le courant



en court-circuit; Z représente le couple du moteur. Le bord du balai le plus en danger est parcouru par un courant i_1 maximum dans la zone neutre, par un courant $\frac{i_2}{2}$ maximum dans la position de court-circuit. L'usure des balais est alors proportionnelle à $r\left(i_1^2 + \frac{i_2^2}{4}\right)$, r étant la résistance de contact. L'usure croît d'autre part avec la durée de la période de démarrage, elle-même inversement proportionnelle au couple. Cette variation est représentée par la courbe C qui présente un minimum pour un angle des balais de 60 à 70°, qui est la position donnant le minimum d'usure. Certains dispositifs, dans lesquels une commande automatique est intercalée entre le démarreur et l'appareil de déplacement des balais, réalisent des démarrages dans les meilleures conditions. Ces dispositifs peuvent être également employés pour les moteurs polyphasés à balais mobiles. La courbe i_3 est celle du courant dans une bobine du rotor en court-circuit. (*Bulletin Schw. E. V.*, n° 2, 1915.) M. A.

Turbines hydrauliques à rendement élevé. — L'usine hydro-électrique de la Société Appalachian Power C°, à New-

River (Virginie), contient quatre turbines Francis de 6000 chevaux à arbre vertical, établies pour une hauteur de chute de 14,90 m et une vitesse de 116 tours à la minute. Chaque turbine est accouplée directement à un alternateur de 4000 kw. Le débit normal d'une turbine est de 34 m³ à la seconde. La chambre des turbines est placée à l'extrémité gauche d'un barrage traversant le fleuve. Les chambres d'eau sont ménagées directement dans les murs de fondation du bâtiment de la station. Le diamètre moyen des tubes d'amenée est de 3960 mm. Les tubes de succion, ménagés également dans les fondations, sont recourbés vers l'aval inférieur. Leur diamètre à la turbine est de 3124 mm. Leur section après la turbine est elliptique, avec une longueur du grand axe variant entre 4572 et 7315 mm. Des mesures de rendement effectuées sur les deux turbines centrales de cette station ont donné des résultats étonnants. Les diagrammes relevés indiquent pour les rendements les valeurs suivantes : à 3000 chevaux, 80 pour 100 ; à 4500 chevaux, 88 pour 100 ; à 5700 chevaux, 93,7 pour 100 ; à 6000 chevaux, 92,5 pour 100. La courbe de rendement diminue ensuite très rapidement. Quelques points des diagrammes indiquent même des rendements supérieurs à 94 pour 100. Les mesures de débit étaient faites d'après la méthode Bazin. D'autres mesures effectuées sur une turbine du même modèle à Holyoke ont donné des résultats inférieurs de 3 à 4 pour 100 à ceux énoncés. Les turbines ont été construites par la maison Morris et C°. (*Electrical World*, 29 mars 1913.)

M. A.

TÉLÉGRAPHIE

Télégraphie sans fil dirigée. — F. Addey vient de faire une conférence sur ce sujet à la Institution of Post Office Electrical Engineers. Bellini-Tosi ont déjà donné un procédé pour la détermination de la position d'un navire en mer, procédé employé par la Compagnie Marconi et connu sous le nom de compas radiotélégraphique Marconi.

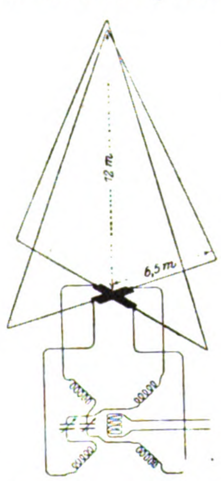


Fig. 1. — Compas Marconi.

Deux antennes sont dressées comme l'indique la figure 1 et croisées, tout en étant isolées l'une de l'autre. Les parties horizontales du conducteur triangulaire aérien sont réunies en un point et séparées par des isolateurs. Les conducteurs amenant le courant aux antennes sont branchés sur les parties horizontales de celles-ci.

Au milieu de chaque bobine d'antenne se trouve un condensateur à capacité variable (fig. 1). Avec cette disposition des antennes on a trouvé qu'il n'était pas nécessaire de faire varier les dimensions des conducteurs aériens avec les longueurs d'onde à recevoir.

La figure 2 donne le montage de l'installation faite sur le vapeur *Onward*. L'antenne ordinaire et la station ordinaire ne sont influencées d'aucune façon par le fonctionnement du compas. Si l'on envoie des signaux, de forts effets d'induction sont à craindre sur les antennes dirigées, aussi l'on a placé des interrupteurs, comme le montre la figure 2 ; en plus de cela, pour permettre aux courants induits de s'égaliser, l'on a placé des distances explosives, comme l'indique la même figure.

Dans l'axe des quatre bobines d'antenne se trouve une bobine, dénommée le chercheur, qui est pourvue d'une aiguille se déplaçant sur une échelle de 0 à 180°.

L'aiguille est montée de façon que pour des ondes arrivant dans l'axe du navire elle reste à 0.

Les antennes sont placées symétriquement par rapport à l'axe du bateau, de sorte que l'index est dirigé suivant la bissectrice des angles droits que forment les quatre bobines.

La position de l'aiguille peut être modifiée indépendamment de l'axe, dans le cas où pour un motif quelconque les antennes ne sont pas symétriques par rapport à l'axe du navire. A l'aide de l'accouplement variable entre la bobine du chercheur et le circuit du détecteur, on peut diminuer l'intensité des signaux.

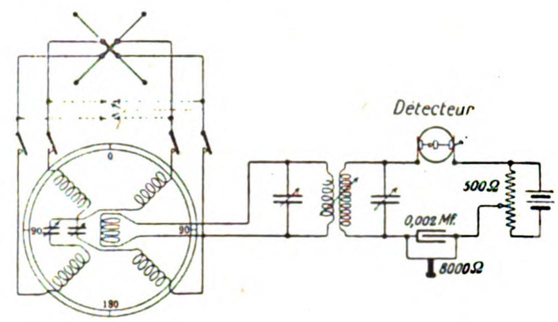


Fig. 2. — Montage de la station de l'*Onward*.

et de cette façon déterminer la position du chercheur qui donne une puissance reçue maximum.

On a employé un détecteur au carborundum monté sur un axe de façon qu'en le faisant tourner d'un demi-tour les polarités en un même point du cristal étaient changées.

Les figures 2 et 3 donnent deux montages ; dans le montage

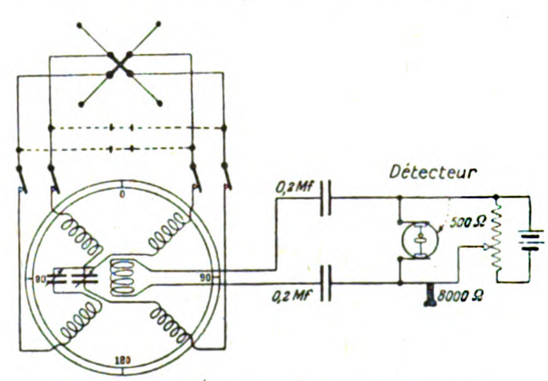


Fig. 3. — Autre montage de la station de l'*Onward*.

de la figure 3, on accorde seulement le circuit de l'antenne, le circuit du détecteur est apériodique.

Le compas Marconi permet de déterminer la position d'un navire par rapport à une station de T.S.F. à 2° près. Pour employer ce procédé, il faut naturellement qu'il existe de nombreuses stations le long des côtes.

Dans les systèmes qui permettent de relever la position des navires, il faut des appareils automatiques pour l'envoi des signaux. Le gouvernement français a fait construire deux stations d'expériences près de Brest et, après avoir obtenu des résultats favorables, étudie l'installation de « radiophares » tout le long des côtes françaises.

Ces stations sont pourvues d'appareils de la Société Française Radioélectrique.

L'envoi automatique s'effectue par deux contacts frottant sur des arbres, un signal n'est envoyé qu'au moment où les deux contacts sont fermés.

L'un des arbres tourne plus vite que l'autre, l'on peut facilement faire varier le signal en changeant le rapport de vitesse des deux arbres.

L'interrupteur automatique est actionné par un petit mo-

teur. La dernière conférence radiotélégraphique de Londres a fixé la portée des radiophares à 38 miles marins et la longueur d'onde maximum à 150 m.

Ce procédé a trouvé une intéressante application par le système Marconi Duplex. A chaque extrémité on a élevé deux stations séparées, l'une sert à l'émission, l'autre à la réception, leur éloignement a été choisi de façon que la station réceptrice ne soit pas influencée par la station émettrice. La commande du poste émetteur se fait de la station de réception par l'intermédiaire d'une ligne spéciale et de relais.

Les antennes sont dirigées vers la station correspondante. La figure 4 montre l'antenne d'une station transatlantique, Marconi a élevé une petite antenne auxiliaire entre les deux

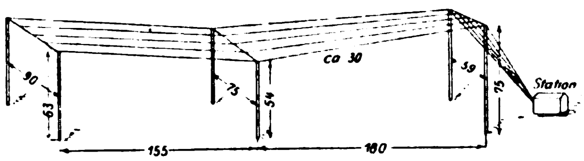


Fig. 4. — Antenne de Poldhu.

postes d'une station, cette antenne a pour but de neutraliser les effets de la station d'émission sur la station de réception, les signaux de la station correspondante ne sont pas influencés par l'antenne auxiliaire.

La distance des deux postes d'émission et de réception d'une même station est très petite par rapport à celle de deux stations.

Une petite station élevée à une distance de 13,6 km de la station transatlantique de Clifden, et protégée par une antenne auxiliaire, reçoit très bien les signaux transatlantiques sans être troublée par les signaux de Clifden. (*E. T. Z.*, 8 mai 1913.)

F. H.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Chemin de fer électrique à courant alternatif simple de Pamplona à Aoiz. — La ligne de Pamplona à Aoiz (31 km) et à Sanguesa (56 kilomètres) vient d'être équipée en courant monophasé 6600 volts, 25 périodes. Cette ligne présente des pentes de 7 pour 100. L'énergie est fournie par une installation hydroélectrique utilisant une chute d'eau a Aoiz. Un court tronçon à Pamplona est alimenté en courant continu 600 volts. Les voitures automotrices sont à deux ou quatre moteurs de 60 chevaux; elles sont munies d'un compresseur fournissant l'air comprimé pour les freins. Les moteurs du type Latour, construction complètement fermée, sont alimentés sous 600 volts et tournent à 735 tours par minute. Ils sont couplés sur les roues par des trains d'engrenages d'un rapport de 1 à 4,68; le poids d'un moteur, des engrenages et des accessoires est de 1,55 tonne. Sous les voitures sont placées des cuves en tôle ondulée contenant les transformateurs dans l'huile de 250 kv-A pesant 1,67 tonne et contenant 550 litres d'huile. Le contrôleur possède un cylindre séparé pour le réglage de la vitesse et un cylindre pour le changement de marche. Le premier de ces cylindres porte deux séries de contacts séparés électriquement entre lesquels est placée une bobine de self afin d'éviter la mise en court-circuit d'une bobine du transformateur. Les interrupteurs haute et basse tension sont rendus solidaires par un verrouillage et sont munis de relais à maxima et à minima. (*E. T. Z.*) M. A.

ADRESSE RELATIVE AUX APPAREILS DÉCRITS

Appareil pour la respiratinn artificielle. M. ROYCOURT, 71, avenue d'Orléans. Paris.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

---

450 650. — **Dejardin.** — *Contrôleur automatique de téléphone* (15 novembre 1912).

450 768. — **Société Automatic Enunciator C°.** — *Système téléphonique haut-parleur* (19 novembre 1912).

450 555. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Système de contrôle des moteurs électriques* (31 octobre 1912).

450 570. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Perfectionnements aux moteurs électriques* (22 janvier 1912).

450 693. — **Société dite : Volta Commandit-Gesellschaft für Elektrische Kleinbeleuchtung.** — *Pile sèche plus particulièrement destinée à des lampes électriques de poche* (18 novembre 1912).

450 748. — **Balachowsky et Caire.** — *Perfectionnements à la construction des machines électriques* (25 janvier 1912).

450 756. — **Entz.** — *Système permettant de réaliser la mise en marche du moteur d'un véhicule ainsi que l'éclairage de ce dernier* (19 novembre 1912).

450 790. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Perfectionnements aux machines dynamo-électriques* (27 janvier 1912).

450 791. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Génératrice à courant continu dont la tension est pratiquement indépendante de la vitesse* (27 janvier 1912).

450 824. — **Wilson** — *Perfectionnements dans les procédés et appareils pour charger les batteries d'accumulateurs* (21 novembre 1912).

16 695/389 067. — **Société alsacienne de construtions mécaniques.** — *Mode de réglage de la vitesse des moteurs à courant continu* (18 janvier 1912).

16 696/416 547. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Mode de compoundage de machines dynamo-électriques à courant continu* (18 janvier 1912).

16 716/367 825. — **Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.** — *Moteur monophasé à collecteur* (8 novembre 1912).

16 718/436 818. — **Plaisant.** — *Machine électrique* (8 novembre 1912).

450 558. — **Maison Bréguet.** — *Procédé de réglage automatique d'une résistance variable au moyen de courants alternatifs* (7 novembre 1912).

450 602. — **Brown Boveri et Cie.** — *Procédé de régulation des installations électriques* (14 novembre 1912.

460 610. — **Mondot et Cie.** — *Poire d'un système spécial à combinaisons multiples d'éclairage électrique* (14 novembre 1912).

450 639. — **Zabel.** — *Commutateur de sûreté* (15 novembre 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

73968. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 525. 10 Novembre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION — ALFRED SOULIER, 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS.

ABONNEMENTS — PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.

ADMINISTRATION — 9, RUE DE FLEURUS, 9. PARIS. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Avantages de l'emploi du courant continu pour la traction électrique. — Les radiotélégrammes d'intérêt général. — La production artificielle du diamant. — L'éclairage des trains, gaz ou électricité 489

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Départements* : Beaumont. Brioude. Entrain. Le Poizat. Orléans, Sézanne. Solignac-sur-Loire 491

NÉCROLOGIE. — R. Diesel 492

SUR QUELQUES PARTICULARITÉS DU CHEMIN DE FER DE RJUKAN (NORVÈGE), **H. Marchand** 493

LA MESURE DE L'INTENSITÉ DES COURANTS FAIBLES ET DE HAUTE FRÉQUENCE, **Béla Gati** 498

NOTES SUR LE MONTAGE, LA MISE EN SERVICE ET L'ENTRETIEN DES PARAFOUDRES EN ALUMINIUM, **H. M** 502

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Séances des 22 et 29 septembre 1913.* 505

Séances des 6 et 13 octobre 1913 : Sur certaines réactions dépendant de courants de réponse, par **F. Giraud**. — Effet sonore déterminé au contact d'une pointe métallique et de la surface d'un cristal ou d'un métal par le passage du courant alternatif, par **R. Dongier** et **E. Brazier** .. 505

DOCUMENTS OFFICIELS. — Décret concernant la sécurité des installations électriques 507

REVUE DE LA PRESSE. — *Électrolyse* : Dosage électrolytique du plomb. — *Electrométallurgie* : Les fours électriques pour la fabrication de l'acier. Le traitement des minerais de cuivre au four électrique. — *Installations* : Equipement électrique du train de laminoir reversible de la Algoma Steel C°. — *Mesures* : Compteur de vapeur à enregistrement électrique. — *Moteurs électriques* : Commandes par contacteurs pour les moteurs à démarrage automatique. — *Stations centrales* : Les centrales électriques et la fabrication de la glace. — *Téléphonie* : Un nouveau relais téléphonique 509

BREVETS D'INVENTION 512

INFORMATIONS

Avantages de l'emploi du courant continu pour la traction électrique. — Depuis le mois de septembre 1910, la ligne de Washington-Baltimore-Indianapolis, dont la traction était assurée par du courant alternatif simple à 6600 v, est exploitée avec du courant continu à 1200 v.

Les motifs principaux qui ont fait adopter ce dernier genre de traction étaient les suivants : 1° A l'intérieur de la ville de Washington, la prise de courant devait être souterraine et, comme avec ce système on ne peut employer de voiture pesant plus de 40 tonnes, on ne pouvait munir ces dernières de moteurs à courant alternatif. Il aurait donc fallu, si on avait voulu conserver la traction à courant alternatif sur le reste de la ligne, changer de voiture à l'entrée de la ville; 2° les voitures munies de moteurs à courant continu, étant moins longues que celles équipées avec des moteurs à courant alternatif, s'adaptent mieux aux courbes à faible rayon de la voie dans Baltimore; 3° les frais d'exploitation, en particulier ceux relatifs à l'entretien des voitures, sont moins élevés avec le courant continu, qu'avec le courant alternatif. Comme la vitesse de démarrage est beaucoup plus considérable avec le courant continu, on a pu conserver la même vitesse moyenne, tout en diminuant la vitessse maximum, ce qui diminue l'usure des sabots de frein.

La diminution des dépenses d'entretien des voitures a été importante, ainsi que l'indique le tableau suivant :

	En 1909 Traction par courant alternatif simple.	En 1911 Traction par courant continu.
Nombre de voitures	23	44
Nombre d'ouvriers employés aux réparations des voitures	65	27
Dépenses d'entretien par voiture-kilomètre, en centimes	11,47	4,22

Après un parcours de 200 000 km, les balais en charbon des moteurs à courant continu n'avaient que 3 mm d'usure et pas un seul n'avait dû être remplacé. Les combinateurs des voitures se sont également très bien comportés et la foudre a causé beaucoup moins de dégâts que lors de l'emploi du courant alternatif.

Comme le changement du système de traction s'est effectué en une seule nuit, celle du 14 au 15 février 1910, on a

très bien pu comparer les dépenses d'énergie des deux systèmes. Le tableau suivant donne des indications à ce sujet :

	Du 1er au 14 février courant alternatif.	Du 15 au 28 février courant continu.
Dépense d'énergie, en kw-h. . .	367 880	231 895
Voitures-kilomètres.	92 805	94 270
W-h par voiture-kilomètre . . .	4 037	2 432
Puissance maximum en kw . . .	1 491	1 101
Dépense pour le courant par voiture-km, en centimes.	19	12,06

F. L.

Les radiotélégrammes d'intérêt général. — Les amateurs qui reçoivent les radiotélégrammes météorologiques ont été très surpris, le 1er septembre dernier, de constater tout un changement.

En effet des modifications très importantes venaient d'être apportées au service des télégrammes météorologiques transmis par le poste de la tour Eiffel.

Les bulletins de 8 heures et de 15 heures sont supprimés, mais celui de 10 h. 50 min. a été notablement augmenté.

Un second bulletin est transmis à 17 heures.

A 10 h. 45 min. la tour Eiffel envoie l'heure, toujours d'après l'ancienne méthode, et, aussitôt après, un bulletin météorologique qui se rapporte aux stations suivantes indiquées par les lettres et données dans l'ordre que nous notons :

Rekiavik (Islande), R; — Valentia (Irlande), V; — Ouessant (France), O; — La Corogne (Espagne), CO; — Horta (Açores), HO; — Saint-Pierre et Miquelon, SP.

PARIS; — Clermont-Ferrand, CF; — Biarritz, BI; — Marseille, M; — Nice, N; — Alger, A; — Stornoway (Irlande), SY; — Shields (Irlande), SH; — Le Helder (Hollande), HE; — Skudesness (Scandinavie), SK; — Stockolm (Scandinavie), ST; — Prague (Autriche), P; — Trieste (Autriche), T; — Rome, R.

Pour chacune de ces stations, les trois premiers chiffres indiquent : la pression barométrique en dixièmes de millimètres, le chiffre des centaines excepté; les deux suivants, la direction du vent suivant la rose des vents graduée de 1 à 32; le 6e, la force du vent graduée de 0 à 9; le 7e, la nébulosité de l'atmosphère; le 8e, pour ceux qui en ont 8, l'état de la mer gradué de 0 à 9.

Les indications sont donc analogues à celles qui étaient données auparavant; il a été ajouté les dixièmes de millimètre pour la pression et le 7e chiffre dont voici la signification :

0, beau; — 1, peu nuageux; — 2, nuageux; — 3, très nuageux; — 4, couvert; — 5, pluie; — 6, neige; — 7, brumeux; — 8, brouillard; — 9, orage.

Il est donné ensuite des prévisions générales pour le temps en France, et en dernier lieu la vitesse et la direction du vent à la tour Eiffel ainsi que la vitesse et la direction probable dans la soirée.

Comme exemple nous donnons ci-dessous le bulletin du 12 octobre :

BCM — R. 5860623 — V. 60216444 — O. 66018325 — CO. 67218122 — HO. 54620342 — SP. 680241.

Forte pression Europe dépression ouest Irlande.

Paris. 7011820 — CF. 7111814 — BI. 68310314 — M. 67008201 — N. 67000012 — A. 66904321 — SY. 62312424 — SH. 67116144 — HE. 66802221 — SK. 70700011 — ST. 6882624 — P. 6851615 — T. 6640620 — R. 66100006.

Probable : vent modéré sud-ouest Manche Bretagne variable Méditerranée nuageux FL ouest 8 probable ouest 6

Lequel doit se traduire comme suit :

Rekiavik : pression barométrique, 758,6; vent est-nord-est très faible; ciel très nuageux. — Valentia : pression, 760,2; vent du sud modéré; ciel couvert; mer agitée. — Ouessant : pression 766; vent sud-sud-ouest faible; temps nuageux; mer houleuse. — La Corogne : pression, 767,2; vent sud-sud-ouest peu sensible; ciel nuageux; mer belle.

Et ainsi de suite pour tous les autres.

00 dans la direction du vent indique un vent nul.

Des X à la place des chiffres indiquent que les données correspondantes ne sont pas connues.

La fin qui est abrégée signifie :

Probable : vent modéré du sud-ouest sur la Manche et la Bretagne, vent variable sur la Méditerranée, temps nuageux. — A la tour Eiffel, vent de l'ouest, 8 mètres; probable ce soir vent de l'ouest, 6 mètres à la seconde.

On voit que ce bulletin a été beaucoup amélioré et les renseignements qu'il contient lui donnent une grande importance.

Le bulletin de 17 heures se rapporte aux stations suivantes : PARIS; — Brest, BR; — Biarritz, BI; — Nice, N; — Valentia, V; — Skudesness, SK; — Rome, R; — La Corogne, CO.

Les chiffres ont la même signification que ceux du matin; il est encore donné des prévisions générales, la vitesse et la direction du vent ainsi que celles probables le lendemain matin.

Voici celui du 13 octobre :

BCM — Paris. 7370401 — BR. 71918333 — BI. 70104212 — N. 65920312 — V. 6501654 — SK. XXXXXXXX — R. 6420802 — CO. XXXXXXXX.

Baisse barométrique lente Ouest Europe vent d'est faible beau temps plusieurs jours FL est 4 probable est 7.

Les deux télégrammes météorologiques sont donc très complets et rédigés avec un soin méthodique; nous devons toutes nos félications et nos remerciements au Bureau central météorologique ainsi qu'au service radiotélégraphique militaire pour l'effort qu'ils ont bien voulu faire pour doter la France d'un service d'informations météorologiques modèle.

Une amélioration encore à signaler : Probablement à la suite de réclamations d'amateurs inexercés, l'ancien télégramme était transmis avec une lenteur qui exaspérait certainement beaucoup d'autres auditeurs.

Maintenant les bulletins sont transmis une première fois à une allure plus convenable; ensuite ils sont répétés avec une transmission excessivement lente : c'est la leçon pour ceux qui apprennent à lire, les autres n'ont qu'à raccrocher les récepteurs.

Les bulletins météorologiques étrangers ne sont pas changés; la transmission de Cleethorpes est beaucoup améliorée, l'émission est nette et la transmission bien lisible quoique rapide.

Ce bulletin, qui est très apprécié, a perdu un peu de sa valeur pour nous depuis la transformation de celui de FL.

Norddeich n'a rien changé à son bulletin; l'indicatif de ce poste, qui était KND, est maintenant KAV.

On n'entend plus le poste qui avait pour indicatif POZ.

Par suite d'une convention internationale intervenue à Londres le service de l'heure devait être changé à partir du 1er juillet dernier.

Les postes désignés pour ce service devaient transmettre les signaux horaires à une heure déterminée et suivant un rythme également déterminé.

Le poste de la tour Eiffel observe bien la convention et donne à 10 heures les signaux suivant la nouvelle méthode, mais il n'en est pas de même de Norddeich qui continue à les donner à midi suivant son ancien procédé.

Toujours d'après cette convention, pendant la transmission des télégrammes météorologiques, tous les postes qui peuvent gêner la réception devaient faire silence; hélas! ceux qui reçoivent les différents bulletins peuvent apprécier ce que valent les conventions internationales; on croirait entendre le « Concert européen » symbolisé par les journaux politiques.

Les nouvelles sont maintenant données à heure fixe, c'est à 20 heures exactement que la tour Eiffel les donne avant le service de la marine.

C'est encore là une grande amélioration; on pourrait peut-être critiquer un peu le choix de ces nouvelles et leur fraîcheur, mais en présence des efforts déjà faits il ne faut pas être si exigeant.

Les nouvelles sont répétées le lendemain matin à 7 heures.

Le poste de Norddeich a supprimé son service de presse de 9 h. 30 min. du matin; celui du soir existe toujours ainsi que celui de Poldhu.

L'heure tardive de la transmission de ces derniers télégrammes les rend sans intérêt pour nous d'autant plus qu'il faut les traduire en français.

Depuis quelque temps, tous les matins vers 9 h. 30 min., un poste assez puissant transmet des nouvelles en français; c'est un poste ayant pour indicatif SR qui paraît transmettre à un autre ayant pour indicatif GD; SR doit être un poste privé situé à Paris ou aux environs.

A cette heure les nouvelles ont beaucoup d'attrait, car elles ne sont pas encore dans les journaux : il y a là une initiative très intéressante à encourager; cependant il ne faudrait pas que cette transmission ait lieu à 10 heures quand la tour Eiffel donne l'heure et Cleethorpes son bulletin météorologique.

Elles ne perdraient pas de leur valeur à être données un peu plus tard, par exemple vers midi et demie; à cette heure il y a peu de transmissions et le poste SR pourrait être en possession de toutes les dernières nouvelles de la nuit et de matinée; de plus beaucoup plus de personnes seraient libres pour les écouter.

La télégraphie sans fil prend tous les jours de l'importance; le récent sauvetage des passagers d'un navire en feu lui donne encore un relief marqué; espérons que, dans quelque temps, nous aurons encore des améliorations à signaler.

J. G.

La production artificielle du diamant. — Depuis 1823, où Sileman s'occupa pour la première fois de la synthèse du diamant, on a effectué de nombreux essais dont M. Jean Escard parle dans *la Houille blanche*. La grande difficulté est que le carbone passe de l'état solide à l'état gazeux, sans palier de fusion apparent; cependant il doit certainement passer par l'état liquide pour cristalliser.

Parmi les diverses tentatives, on doit citer celles de Moissan en 1893, dans lesquelles il faisait agir simultanément la chaleur et la pression.

Si on porte du fer saturé de carbone à la température de 1100°, on obtient un peu de graphite; vers 3000°, il se produit uniquement du graphite; si on fait intervenir la pression les conditions de la cristallisation changent complètement. Pour obtenir la pression, Moissan utilisa le fait que la fonte se dilate en se solidifiant.

Un petit cylindre en fer doux, rempli de charbon de sucre fortement comprimé et fermé par un bouchon à vis, est introduit dans un bain d'environ 200 grammes de fer doux, fondu au four électrique. Le creuset est trempé brusquement dans de l'eau froide, de sorte qu'il se forme par refroidissement une couche de fer solide, englobant une masse liquide qu'elle protège contre l'air extérieur. Quand la couche extérieure n'est plus qu'à la température du rouge sombre, on retire le tout de l'eau et on laisse refroidir lentement, de sorte que le carbone est comprimé.

Le culot métallique et le graphite ainsi que le charbon amorphe sont attaqués par des procédés chimiques, on obtient un résidu, que l'on met dans du bromoforme. On isole ainsi quelques fragments plus denses que ce liquide, qui rayent le rubis et brûlent dans l'oxygène à 1000°; ces propriétés appartiennent au diamant. Les plus gros fragments obtenus n'avaient que 0,75 mm de longueur.

M. de Boismenu, en 1910, a réalisé la synthèse du diamant en électrolysant du carbure de calcium. L'opération est effectuée à l'aide d'un four électrique à courant continu de 800 A environ, sous 20 ou 25 v, contenant de 6 à 8 kg de carbure de calcium, qui est maintenu liquide pendant plusieurs heures. Il y a électrolyse du carbure, le calcium brûle à la cathode avec une flamme rose vif, caractéristique, tandis que le carbone libéré, qui ne peut s'oxyder au sein de l'atmosphère de calcium qui l'entoure, va cristalliser dans des sortes de géodes, formées dans la scorie de décomposition du carbure.

Après l'opération, la masse refroidie et solidifiée apparaît sous un aspect indiquant nettement cet effet de décomposition électrolytique. Dans toute la région négative la masse se présente sous la forme d'une scorie légère, noire, friable ne décomposant l'eau que d'une manière insensible. En s'éloignant du foyer, cette scorie, qui se prolonge tout le long du charbon négatif, prend une couleur plus claire et se transforme peu à peu en une masse vitreuse, d'un gris bleuté, déchiquetée, dans laquelle on aperçoit distinctement des cristaux de diamants adhérant aux parois. Dans cette région la cristallisation est tellement abondante, qu'en grattant légèrement avec la pointe d'un canif, on peut recueillir par centaines des petits cristaux de diamant.

On constate qu'il existe un rapport très net entre la grosseur des cristaux obtenus et la durée de l'opération; dans les conditions où l'opérateur s'est placé, l'accroissement des cristaux semble se faire à raison de 2 dixièmes de mm à l'heure.

Les diamants préparés par de Boismenu, qui sont obtenus sans pression et sans refroidissement brusque, en employant des substances impures, sont en général très transparents; ils se taillent et se clivent comme les diamants naturels. L'un d'eux a pu être taillé en rose à 32 facettes par un diamantaire de Londres.

L'analyse chimique et l'étude des propriétés optiques, faites par MM. Maquenne et Lacroix, professeurs au Muséum, montrent que les cristaux obtenus par M. de Boismenu possèdent tous les caractères du carbure pur et cristallisé, c'est-à-dire du diamant.

L'éclairage des trains, gaz ou électricité ? — L'épouvantable catastrophe de Melun, dans laquelle deux rapides — et non des moindres — se sont télescopés, a montré une fois de plus les dangers que présente le gaz comprimé pour l'éclairage des trains. Sitôt qu'une collision se produit, les réservoirs ou les conduites de gaz sous pression cèdent et le feu ne tarde pas à transformer en un brasier le matériel mis hors de service par le choc. L'accès du sinistre devient impossible aux sauveteurs et des blessés qu'on aurait peut-être pu sauver périssent dans les flammes. Rappelons encore une fois qu'avec l'éclairage électrique ce danger n'existe pas; en cas de rencontre de trains, les circuits sont interrompus, les accumulateurs détruits et tout danger d'incendie disparaît.

Hier, c'était en Angleterre; aujourd'hui, en France. Quand se décidera-t-on à éviter le danger permanent que crée le gaz comprimé dans les trains. Les solutions d'éclairage par l'électricité ne manquent pas, toutes sont au point et ont fait leurs preuves : qu'attend-on alors?

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Beaumont (Gers). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a émis un vœu en faveur de l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Brioude (Haute-Loire). — *Distribution d'énergie électrique.* — A la suite d'une correspondance échangée entre la municipalité et la Compagnie du gaz, il semble que l'on soit sur le point de s'entendre définitivement sur les améliorations qu'il est possible d'obtenir au moyen d'une prorogation de la concession accordée à la Société Cabassut, qui vient à expiration en 1929.

Dans sa dernière séance le conseil s'est occupé de la question de l'installation de l'électricité. Plusieurs sociétés ont fait des offres. Mais celles-ci ont dû se retirer le jour où la Société concessionnaire du gaz a déclaré vouloir installer l'électricité pour l'éclairage des particuliers. Il n'est donc point douteux que l'installation de l'éclairage électrique amènera l'installation de l'électricité pour la force motrice.

Entrain-sur-Nohain (Nièvre). — *Éclairage.* — La Société le Consortium des secteurs électriques se propose de faire l'éclairage électrique de cette commune. A cet effet, elle vient de déposer à la mairie son cahier des charges.

Le Poizat (Ain). — *Distribution d'énergie électrique.* — Tandis que l'Union électrique active ses installations sur le plateau de Brénod, l'usine hydraulico-électrique que M. Montange a construite à Saint-Germain-de-Joux, installe son réseau dans les communes de Lalleyriat et du Poizat.

Orléans. — *Distribution d'énergie électrique dans le Loiret.* — Le service départemental du contrôle de distribution d'énergie électrique instruit actuellement les demandes de concessions ci-après, qui indiquent une prochaine extension considérable des distributions électriques dans le département.

La Société des établissements Ch. Lefebvre et Cie a obtenu la concession avec privilège d'éclairage dans 23 communes. L'autorisation d'exécuter les travaux a été accordée pour six communes et les projets d'exécution déposés, concernant neuf communes. La même Société est demanderesse en concession pour neuf autres communes.

La Société l'Énergie industrielle, qui possède déjà les réseaux de Montargis, Chalette et Cépoy, est en instance de concession auprès de 38 communes.

M. Sandré, ingénieur à Paris, vient d'obtenir la concession de distribution pour tous usages dans la commune de Meung. Enfin les communes de Bou, Chécy, Mardieux, Combleux et Saint-Jean-de-Braye ont été autorisées à se constituer en syndicat de communes, en vue de pourvoir à l'installation d'une distribution d'énergie électrique. En dehors de ces demandes de concessions communales, le service est saisi de demandes de divers entrepreneurs, relatives à l'établissement de réseaux interdépartementaux par voie de concession d'État. Ces demandes intéressent dans le département du Loiret : Société des établissements Lefebvre et Cie, huit communes, dont six dans l'arrondissement d'Orléans ; Société d'électricité de Paris : six de l'arrondissement de Pithiviers ; Société de production et distribution d'énergie : dix-sept communes dans l'arrondissement de Gien. En résumé, le service est saisi à l'heure actuelle de demandes d'autorisations nouvelles, pour 104 communes.

Sézanne (Marne). — *Station centrale.* — Des offres auraient, dit-on, été faites à la municipalité en vue de l'établissement d'une usine électrique destinée à donner l'éclairage public et la force motrice.

Si Sézanne n'acceptait pas ces offres, l'usine s'installerait à Esternay, mais desservirait quand même cette ville.

Solignac-sur-Loire (Haute-Loire). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a approuvé à l'unanimité le projet d'éclairage électrique présenté par M. Julien, industriel au Puy. Le Conseil donne tout pouvoir au maire pour traiter avec le concessionnaire.

Ajoutons que M. Julien se propose d'éclairer les communes du Brignon, Costaros, Cayres, Cussac, Coubon et Chadron.

NÉCROLOGIE

R. DIESEL

M. le Dr R. Diesel, l'inventeur du moteur bien connu, est mort récemment pendant la traversée maritime d'Anvers à Harwich.

Né à Paris de parents allemands, Diesel commença ses études dans les écoles parisiennes ; puis la guerre de 1870 ayant éclaté, ses parents se réfugièrent en Angleterre, d'où ils envoyèrent leur jeune fils à Augsbourg pour y terminer ses études élémentaires.

Diesel entra ensuite au collège technique de Munich, d'où il sortit diplômé en 1879 ; il devint alors l'assistant du professeur Linde.

Les machines thermiques retinrent son attention et, en 1893, il publia un ouvrage, *Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors*, dans lequel il donna le principe de sa future machine. Les théories du Dr Diesel furent lues avec attention en Allemagne et, grâce à l'appui financier de MM. Krupp ainsi que de la Compagnie Augsbourg Nuremberg, le premier moteur fut mis à l'étude peu de temps après.

Cette première machine de M. Diesel était basée sur le cycle à quatre temps, le cylindre était à refroidissement par l'air, il n'y avait pas de pompe à air et le combustible était injecté directement, mais on ne put jamais arriver à faire marcher ce moteur. On voulut l'actionner avec une transmission et dès la première injection de combustible, tandis que M. Diesel observait l'indicateur, une explosion se produisit qui faillit tuer l'inventeur. L'expérience montra qu'il fallait injecter de l'air pur comprimé à une telle valeur qu'il puisse allumer le liquide combustible. Une deuxième machine fut établie sur ces données, elle fonctionna à la satisfaction générale, ce qui confirma les idées de M. Diesel sur les moteurs à combustion. C'est après avoir étudié de très près le cycle de cette machine que M. Diesel fit construire, en 1897, un troisième moteur qui fut le premier type industriel ; sa puissance atteignit 18 chevaux. Un quatrième de 25 chevaux lui succéda et, à partir de ce moment, on en établit un grand nombre. Citons notamment un de ceux de l'Exposition de Turin en 1911, du type vertical à quatre cylindres et du cycle à deux temps fournissant de 1000 à 1200 chevaux.

L'an dernier M. Diesel, faisant l'historique de son moteur, montrait que le cycle à deux temps était sensiblement équivalent au cycle à quatre temps ; cependant il préférait ce dernier parce que la combustion s'y faisait mieux et qu'il procédait plus simplement. Le premier moteur Diesel pour navire fut construit en France sous la direction de MM. Diesel, Adrien Bochet et Frédéric Dyckhoff ; cette machine, qui avait deux cylindres, fut établie dans les ateliers de MM. Sautter-Harlé, à Paris, et appliquée aux sous-marins ; elle transmettait l'énergie aux hélices par des dynamos, ce qui permettait d'obtenir facilement la marche arrière.

Nous savons tous l'importance considérable que prend tous les jours le moteur Diesel dans l'industrie électrique, grâce à l'économie de son cycle ; il était de notre devoir de retracer la vie de celui qui l'a créé et qui vient de s'éteindre si brusquement.

SUR QUELQUES

PARTICULARITÉS DU CHEMIN DE FER DE RJUKAN

(NORVÈGE) (1)

Bien qu'il n'ait qu'une importance secondaire au point de vue du trafic, le chemin de fer de Rjukan présente un certain nombre de particularités qui méritent de retenir l'attention, parce qu'elles montrent comment on peut être amené en pratique à s'écarter, pour répondre à des nécessités locales, de certaines solutions généralement considérées comme classiques.

Généralités. — Cette ligne a été établie, ainsi qu'on le sait probablement, pour servir au transport des matières premières et des produits de la fabrique de nitrates artificiels de Notodden.

Elle comprend deux sections distinctes, allant respectivement de Notodden, sur l'Hitterdalssee, à Tinnoset, sur le Tinnsjö, et de Rollag à Saaheim, où se trouve la fabrique; le Tinnsjö est un lac intérieur de 30 km. La première section a 30 km de longueur et la seconde 17. Sur la première, il y a des rampes de 27 pour 1000; sur la seconde, la rampe maxima est de 18 pour 1000; le rayon minimum des courbes est de 150 m et les voies sont en rails de 25 kg par mètre courant.

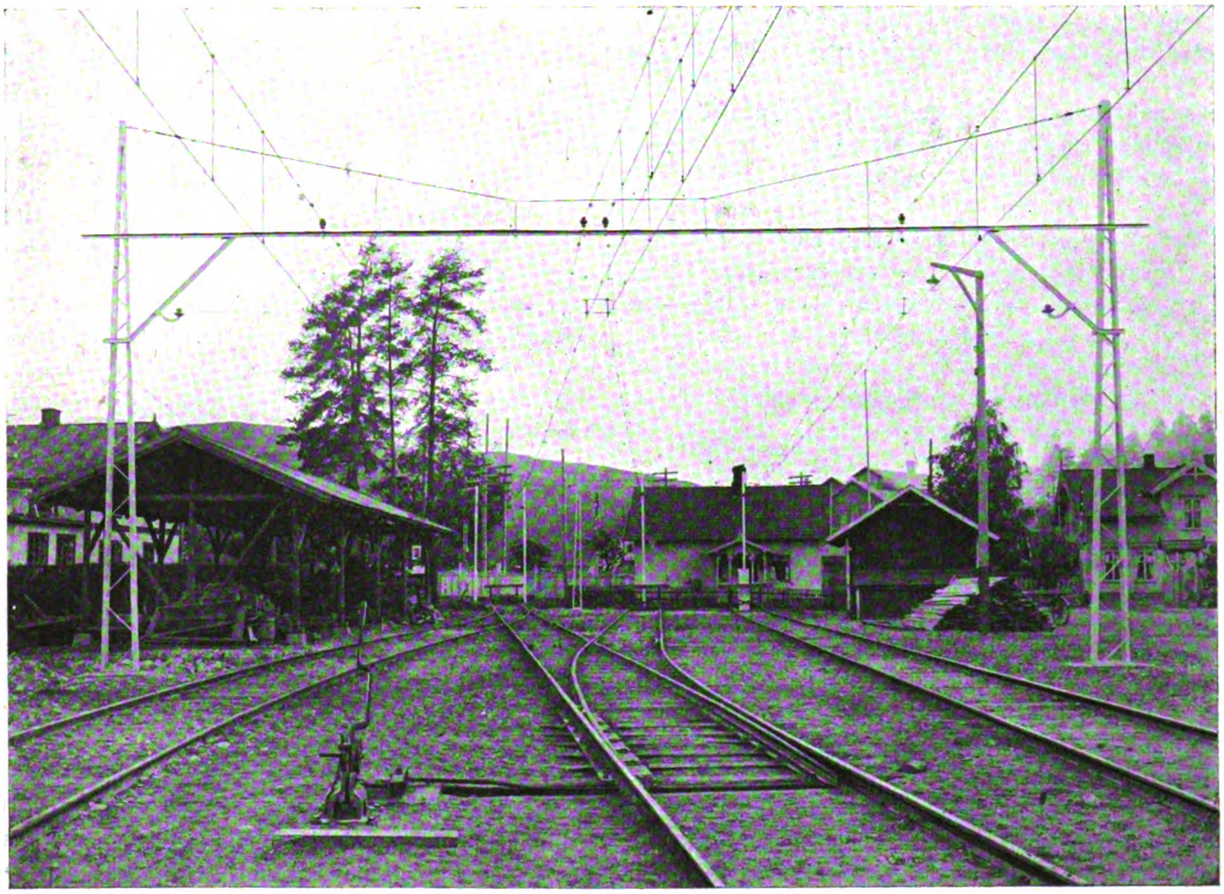


Fig. 1. — Disposition des lignes de prise de courant dans une gare.

La ligne n'est donc pas appropriée à un service très rapide et le poids sur les essieux est limité à 11 tonnes.

Organisation du service. — Le trafic est principalement représenté par le transport des marchandises; cependant, le transport des voyageurs a pris rapidement plus d'extension qu'on ne le prévoyait.

Le mouvement annuel prévu est de 130 000 tonnes de matières premières dans un sens et de 200 000 dans l'autre.

Le service journalier représente la capacité de 50 wagons à marchandises approximativement.

But de l'électrification. — L'électrification a été adoptée à raison des avantages qu'elle offre pour ce qui concerne l'obtention d'efforts de traction élevés, la flexibilité dans les courbes, la moindre usure infligée aux voies, l'économie du personnel, la possibilité d'employer une source

(1) D'après Dr. Marguerre, Elektrisierung der Rjukanbahn. *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, 1912, n° 34.

d'énergie à bon marché, la suppression du danger d'incendie dans les forêts ; cette dernière particularité était très importante, car le chemin de fer traverse des forêts d'une valeur immense. Mais ce qui a surtout justifié l'adoption de l'électricité, c'est la présence, à proximité de la ligne, d'usines hydraulico-électriques pouvant fournir l'énergie à un prix extrêmement avantageux : les usines de Svaelgfos et de Lienfos, d'un côté, avec une puissance de 30000 et de 50000 kilowatts, celle de Rjukanfos, de l'autre, avec une puissance de 110000 kilowatts ; la puissance absorbée par le chemin de fer est insignifiante pour ces grandes installations génératrices : les fluctuations qu'elle peut déterminer sont sans conséquence et l'énergie peut ainsi être cédée à raison de 1,5 centime le kilowatt-heure.

Sans entrer dans le détail du parallèle, on peut résumer ainsi qu'il suit la comparaison entre la traction à vapeur et la traction électrique pour le cas envisagé.

Vapeur. — Frais d'achat et d'entretien des locomotives, des plaques tournantes, des stations de ravitaillement d'eau et de charbon, des installations de sécurité contre l'incendie dans la forêt ; dépenses de combustible (0,2125 centime par tonne-km) et d'huile, frais d'emmagasinage du combustible ; dépenses de personnel (un machiniste et un chauffeur par machine).

Electricité. — Frais d'achat et d'entretien des installations électriques, des locomotives, des voitures de revision ; dépenses d'énergie électrique (0,057 centime par tonne-km) et d'huile, frais d'usure des balais et des dispositifs de prise de courant ; dépenses de personnel (un machiniste par train dans tous les cas).

Choix du système. — Une complète liberté était laissée quant au choix du système d'exploitation à adopter ; toutes les solutions possibles ont été passées en revue.

Afin de simplifier l'alimentation autant que faire se pouvait, on devait songer tout d'abord à alimenter la ligne directement en courant alternatif dans la forme produite par les usines génératrices voisines, c'est-à-dire en courants triphasés à 50 périodes par seconde.

Mais les courants alternatifs triphasés, bien qu'ils soient appropriés aux services de ce genre, ne se recommandaient pas à raison du coût élevé de la double canalisation aérienne qu'ils auraient nécessitée. D'ailleurs, s'il est vrai qu'il y a, en Amérique, une installation triphasée à 6000 volts, il n'était pas à conseiller de dépasser la tension de 5000 volts à laquelle on s'est tenu jusqu'ici en Europe ; en effet le double isolement est d'une exécution très compliquée avec les tensions supérieures et le climat humide européen s'oppose à l'emploi du bois dont on fait grand usage en Amérique. Or avec la tension de 5000 volts, une canalisation alimentaire et deux sous-stations auraient été nécessaires pour la section ; la charge pécuniaire occasionnée par cette partie de l'outillage n'aurait pas été compensée par l'économie réalisée sous d'autres rapports, étant donnés le faible trafic et le petit nombre de machines.

La solution qui se présentait alors à l'esprit était d'employer du courant alternatif simple, en conservant la tension ($10\,000 : \sqrt{3}$) et la fréquence (50 périodes par seconde) disponibles.

Dans cet ordre d'idées et reprenant sous une forme nouvelle une idée énoncée et expérimentée autrefois (Système Ward Léonard-Oerlikon et système Auvert), une compagnie locale, l'Allmänna Svenska Elektricitäts A. B. de Westeraas, proposa la disposition suivante : les machines auraient possédé un convertisseur synchrone, avec un stator pourvu d'un enroulement monophasé et un enroulement triphasé ; un moteur à collecteur employé pour le démarrage aurait servi en marche normale pour l'excitation du convertisseur ; cette excitatrice aurait été compoundée d'après le système Dianelson ; un fort enroulement en cage d'écureuil aurait empêché que le groupe tombât hors de phase ; la propulsion aurait été assurée au moyen de moteurs triphasés alimentés par le convertisseur et réglés à l'aide de résistances.

Ce système ne manque pas d'originalité ; il se distingue des autres méthodes à convertisseur que l'on a indiquées auparavant par la simplicité du groupe de conversion.

Un autre système, permettant l'utilisation des courants à 50 périodes par seconde, aurait été l'adoption d'équipements avec moteurs à répulsion.

Pour autant que les vitesses de marche à réaliser à pleine charge ne soient pas trop écartées, il est possible de réaliser, pour fonctionner avec des courants à 50 périodes par seconde, des moteurs à répulsion octopolaires pour les puissances jusqu'à 75-90 kilowatts ; les conditions de fonctionnement peuvent être rendues parfaitement sûres en faisant le démarrage avec un champ affaibli ou bien en recourant à l'emploi de jonctions à forte résistance ; cette dernière disposition donne de bons résultats lorsqu'elle est convenablement réalisée et que les moteurs ne sont pas soumis à un échauffement excessif.

On pourrait reprocher à ces moteurs d'être plus lourds que les moteurs série ; mais il est à remarquer que l'excédent de poids des engins est compensé par l'économie que l'on réalise sur les transformateurs. De même, si les pertes dans les moteurs sont plus grandes qu'avec des équipements à courant continu, cet inconvénient est compensé par la supériorité du rendement des transformateurs statiques comparativement aux convertisseurs ; pertes dans les moteurs et pertes dans les rails sont bien moindres que les pertes de conversion. Enfin, au point de vue des influences pertubatrices sur les circuits téléphoniques, la fréquence de 50 périodes par seconde est suffisamment basse pour que les courants ne soient pas nuisibles par eux-mêmes et n'agissent que par les oscillations.

En somme l'emploi du courant alternatif simple à 50 périodes avec des moteurs à répulsion aurait été parfaitement possible au point de vue technique et très avantageux au point de vue économique ; dans le cas du chemin de fer de Rjukan, la seule remarque défavorable

est que cependant la tension de 10000 : $\sqrt{3}$ aurait été un peu faible et qu'il aurait fallu l'augmenter.

Mais d'un autre côté, en regard de l'ensemble des dépenses que l'entreprise de Notodden avait à faire, le bénéfice que cette solution aurait produit se serait trouvé insignifiant, de sorte qu'en dernière analyse on a préféré s'en tenir à un système qui eût fait ses preuves.

C'est dans ces conditions que l'on a adopté définitivement le courant alternatif simple à 10000 volts, 16 périodes par seconde, bien que cette décision entraînât l'installation des stations de conversion.

Stations de conversion. — Les considérations qui ont présidé au choix de l'outillage de ces sous-stations de conversion sont intéressantes.

Les deux sections de la ligne ayant un profil très différent, la charge pour chacune d'elles est caractéristique.

Dans un but de simplification il était désirable que les

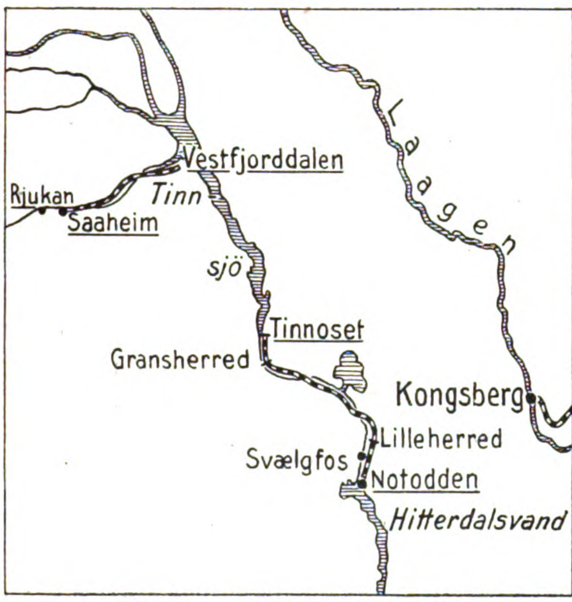


Fig. 2. — Carte des régions desservies par la ligne.

groupes fussent choisis de manière que le même type pût convenir pour les deux sous-stations ; la demande maxima se produit sur la rampe de 27 pour 1000 de la section de Tinnoset, et, avec des convois pesant 290 tonnes, locomotive non comprise, la puissance à prévoir pour la sous-station de cette section devait être double de celle demandée pour l'autre. Pour cette dernière, la puissance pouvait être déterminée en considérant la charge représentée par le convoi de 290 tonnes sus-indiqué sur la rampe de 18 pour 1000 ; en tablant sur une vitesse de 20 km à l'heure, on arrive à une puissance de 500 chevaux à la jante; avec un $\cos\varphi = 0{,}80$ et un rendement de locomotive et de transmission $= 0{,}75$, on trouve que la puissance maxima nécessaire est de 600 kv-a, tandis que la puissance moyenne maxima est de 350 kv-a.

On a en conséquence adopté des groupes convertisseurs pouvant fournir, avec un $\cos\varphi = 0{,}9$, 400 kv-a pendant deux heures, puis 500 kv-a pendant 30 minutes, ensuite 600 kv-a pendant 5 minutes et enfin encore 700 kv-a pendant 1 minute sans que la température s'élève de plus de 50° C.

Les transformateurs-réducteurs employés sont à bain d'huile à ventilation naturelle; la paroi près de laquelle ils sont placés est pourvue d'ouvertures garnies de jalousies. Le moteur et le générateur de chaque groupe sont placés sur un même bâti, à trois paliers; à chaque moteur est adjoint un rhéostat de démarrage et de réglage pour la mise en parallèle des alternateurs.

Les alternateurs ont été établis spécialement pour supporter sans dommage les à-coups auxquels les exposent les courts-circuits et ils sont en outre protégés par des bobines de réactance de 0,1 henry.

Les appareils à haute tension sont placés dans un local distinct; l'équipement comprend les interrupteurs à huile des transformateurs et des générateurs, placés dans des cellules en béton ; les barres collectrices, les transformateurs d'intensité et de tension. Le côté triphasé et la canalisation alimentaire monophasée sont protégés par des relais à maxima ; les générateurs par des relais à courant de retour ; tous les relais sont établis d'après le principe de Ferrari. Un parafoudre à cornes protège la canalisation alimentaire ; la mise à la terre se fait exclusivement aux rails.

Afin d'assurer la continuité absolue du service même en cas d'arrêt complet de l'usine génératrice de Svaelgfos, on a relié l'installation à l'usine de Lienfos, à 2,5 km de distance ; la jonction est constituée par un câble.

La seconde sous-station, équipée de la même façon que la première, sauf qu'elle ne possède que deux groupes, est établie à Vestfjord.

Ligne d'adduction. — Les deux sous-stations étant situées à proximité de la ligne de chemin de fer, on n'a pas dû s'occuper de la question de construire des transmissions spéciales; mais l'établissement de la ligne d'adduction a donné lieu à des études particulières.

On avait pensé un moment à employer la suspension simple avec bras pivotants et tendeurs automatiques qui a été expérimentée en Suède et adoptée par le chemin de fer de la Riksgraense; mais ce système a été écarté parce qu'il aurait exigé trop de tendeurs (avec les écarts de température de — 30° à 40° qui se produisent, les variations de longueur sont de 119 cm par kilomètre) et n'aurait pas permis d'admettre des portées suffisantes pour que l'emploi de supports métalliques fût économique. On s'est donc prononcé pour la suspension caténaire, que l'on a d'ailleurs jugée plus sûre, à bon droit.

Les portées entre supports sont de 60 m. Le fil d'adduction est placé à 5,5 m de hauteur, sauf sous les ponts où il se trouve à 4,5 m de hauteur; il a 65 mm² de section. Le câble de support est en acier galvanisé, de 31,5 mm² de section ; les pendules sont formés de fil de 5 mm de diamètre; les pinces d'attache sont en fer, serrées avec des écrous en laiton. L'espacement normal

des pendules est de 5 m ; il est réduit à 2,5 m dans les gares et aux passages à niveau. La flèche du câble caténaire est de 1,60 m ; la longueur minima de pendule, de 0,25 m. Les isolateurs sont placés à 7,35 m de hauteur au-dessus du rail.

Le câble est soumis à une tension normale de 280 kg ; pour le fil de contact, la tension est de 600 kg. La ligne est placée en zig-zag ; le désaxement est de 45 cm de part et d'autre.

Il n'y a pas de tendeur automatique ; mais le conducteur est divisé en sections de 1 km de longueur ; de

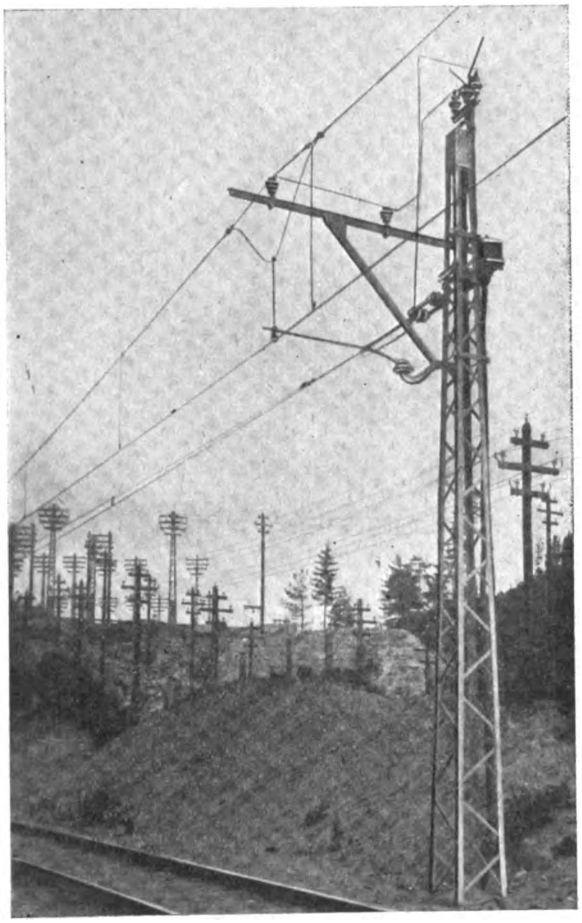


Fig. 3. — Mode de suspension de la ligne.

250 en 250 mètres sont placées des bornes doubles, à chaque extrémité se trouve un tendeur à main.

Dans un but d'économie, on a adopté aussi un isolement simple conditionné pour pouvoir supporter une tension de 20000 volts.

Les supports sont tous en treillis métallique ; pour pouvoir maintenir la portée normale de 60 m, ce qui simplifie la construction, des poteaux de rappel sont employés dans les courbes. Tous les supports sont calculés en prévision d'une pression de vent de 125 kg ; le le coefficient de sécurité est de 4,6 à 5. Cinq modèles sont en usage.

1° Des supports de 7,9 + 1,7 m, formés de deux fers en U, n° 81, écartés de 38 cm à la base, pour les alignements droits ;

2° Des supports de même construction mais avec un écartement de 50 cm pour les courbes ;

3° Des supports de 6,7 + 1,9 m formés de deux fers en U, n° 12, écartement de 44 cm, pour les ancrages ;

4° Des supports formés de 4 fers cornières 60/60/8, écartement de 47,5 cm, comme supports d'ancrage et à bras ;

5° Quelques supports spéciaux plus lourds.

Ces supports sont tous plantés dans un massif de béton à 2,3 ou 2,5 m de distance de la voie.

Les bras sont en fers en U, serrés sur les supports.

Les isolateurs de supports sont des isolateurs à cloche en deux parties ; pour les petites charges, il est fait

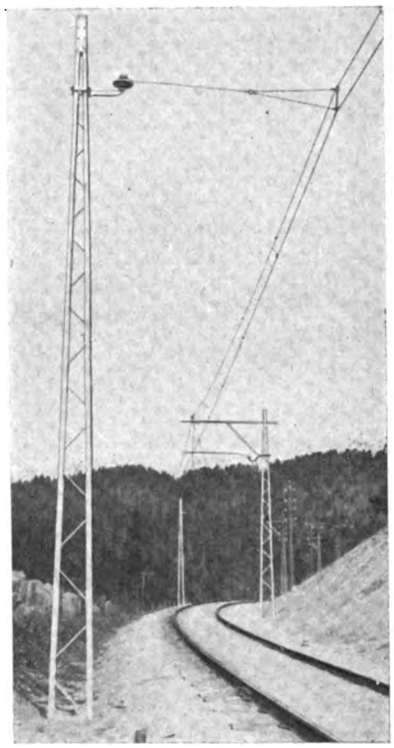


Fig. 4. — Poteaux de rappel dans une courbe.

usage d'isolateurs d'arrêt plats ; pour les grandes charges d'isolateurs d'arrêt spéciaux. Les rappels fixant la position du fil d'adduction sur les bras sont montés sur des isolateurs à cloche avec capuchons métalliques coulés ; ces capuchons ont donné lieu à des inconvénients ; on les remplace par des coquilles fixées au plomb.

La ligne d'adduction est partagée en sections d'isolement de 5 km de longueur ; les sections des gares et les sections souterraines peuvent être mises hors de circuit ; des canalisations d'évitement sont installées pour que la ligne ne soit pas interrompue.

Dans les tunnels, on emploie un isolement double et les isolateurs sont munis de capuchons-parapluies ; la construction qui a été adoptée est un peu rigide, mais

on a été obligé de s'en contenter à raison de l'insuffisance de résistance de la pierre des tunnels.

Une partie délicate a été l'équipement d'un passage à transbordeur, où le niveau de l'eau présente des écarts de hauteur de 4 mètres et où il a fallu recourir à des dispositions spéciales, pour que la ligne d'adduction pût être déplacée parallèlement aux embarcadères.

Notons, en passant, l'emploi, pour assurer l'inspection et l'entretien de la ligne, d'une voiture benzo-électrique de 22 kilowatts équipée d'un petit atelier et portant une tour télescopique avec une plate-forme rotative; cette voiture peut transporter en outre un tambour de câble et deux supports.

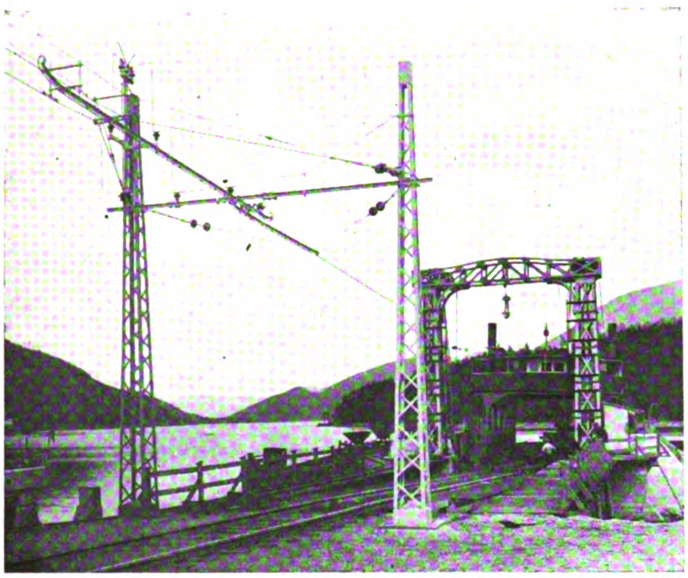


Fig. 4. — Équipement d'un passage à transbordeur.

Locomotives. — La présence du transbordeur dont nous avons parlé plus haut a également influé sur le choix des machines. Pour que les locomotives pussent entraîner les convois sur le transbordeur ou les ramener sur la côte, il fallait qu'elles fussent à même, non seulement de s'inscrire dans les courbes de faible rayon, mais encore qu'elles eussent une certaine flexibilité dans le sens de la longueur, de manière à pouvoir s'accommoder d'une chute brusque allant parfois jusqu'à 1 : 7.

D'autre part, la limite de poids par essieu, fixée à 11 tonnes, exigeait que les machines comportassent, pour la puissance de 500 chevaux à prévoir, quatre essieux moteurs au moins.

Il fallait donc renoncer à la construction de locomotives avec moteur unique surélevé et essieux couplés.

Les locomotives employées sont en conséquence montées sur deux bogies à deux essieux moteurs; les roues ont 1 mètre de diamètre; chaque essieu est actionné par un moteur de 125 chevaux; à chaque paire de moteurs correspond un transformateur; il y a trois machines de cette espèce.

En vue des manœuvres, on a aussi établi une locomotive formée de deux demi-unités, exactement semblables entre elles et de puissance correspondant à une moitié de grosse machine; ces deux demi-unités, employées ensemble et commandées par le contrôle multiple, fonctionnent comme une machine simple.

La description détaillée de ces machines nous entraînerait à des développements excessifs; nous nous en abstiendrons et nous nous bornerons à signaler les particularités les plus notables que présentent les équipements sous le rapport, notamment, de l'agencement général et du mode de contrôle des moteurs.

Sur les locomotives à quatre essieux, les deux parties de l'équipement sont exactement semblables et l'ensemble est conditionné de manière que chaque moitié puisse être employée isolément en cas de besoin.

L'équipement se compose essentiellement, conformément à ce que nous avons dit plus haut, de deux transformateurs et de quatre moteurs; il y a aussi deux dispositifs de prise de courant avec supports pantographiques et archet mobile, à frotteur d'aluminium. Les deux transformateurs sont montés dans la partie centrale de la machine; ils y occupent une chambre séparée du restant et qui contient tous les organes à haute tension; à cette place, la toiture est surélevée; deux grandes fenêtres, à l'avant et à l'arrière, et ouvertes dans le sens de la marche, admettant l'air dans la chambre des transformateurs.

De part et d'autre de la chambre à haute tension se trouvent les compartiments des contacteurs, ainsi que les contacteurs et le commutateur de sens de marche, la pompe à air et le réservoir à air comprimé; le réservoir auxiliaire (pour les freins, la sablière et l'archet) est placé sur la boîte du contacteur.

A chaque extrémité de la locomotive se trouve une cabine pour le conducteur; dans les cabines sont placés tous les appareils de commande, les instruments de mesure, les interrupteurs pour les circuits d'éclairage et de chauffage, etc.

Le poids total de ces locomotives est de 46 tonnes, dont 26 tonnes pour la partie électrique.

Les locomotives à deux essieux sont conditionnées de la même façon, mais leur équipement est simple; le dispositif collecteur diffère légèrement, en ce qu'il comporte deux frotteurs.

Cinq tensions peuvent être appliquées aux moteurs : 90, 110, 150, 190, et 220 volts. Le démarrage se fait avec le rotor court-circuité. On met successivement en ligne l'enroulement compensateur, l'enroulement de champ et l'enroulement du rotor; cette disposition a pour but d'améliorer le facteur de puissance. Celui-ci atteint 0,68 au synchronisme et il augmente ensuite pour atteindre 0,8 à une vitesse de marche correspondant à une vitesse de 20 km à l'heure et 0,9 à la vitesse de 30 km à l'heure

aux tensions de 150, 190 et 220 volts correspondent des vitesses de 10 à 25 km, 15 à 33 km et plus de 28 km.

Résultats d'exploitation. — On a constaté quelques bris dans les isolateurs plats; on y a remédié en substituant aux attaches en fil d'acier dur des boucles en câble d'acier doux.

L'isolement simple est suffisant du moment que les isolateurs ne sont pas exposés aux fumées.

Le réglage bi-annuel de la ligne aérienne donne de bons résultats; le coût de cette opération a été de 12 fr environ par kilomètre.

La ligne aérienne a coûté approximativement 10000 fr par kilomètre, prix des supports inclus, mais non compris les frais de déplacement des lignes téléphoniques voisines.

L'équipement de la sous-station de Tinnoset est revenu à 137500 fr.

L'isolement des transformateurs a laissé à désirer et a été remplacé. Pour les moteurs, aux pignons ordinaires

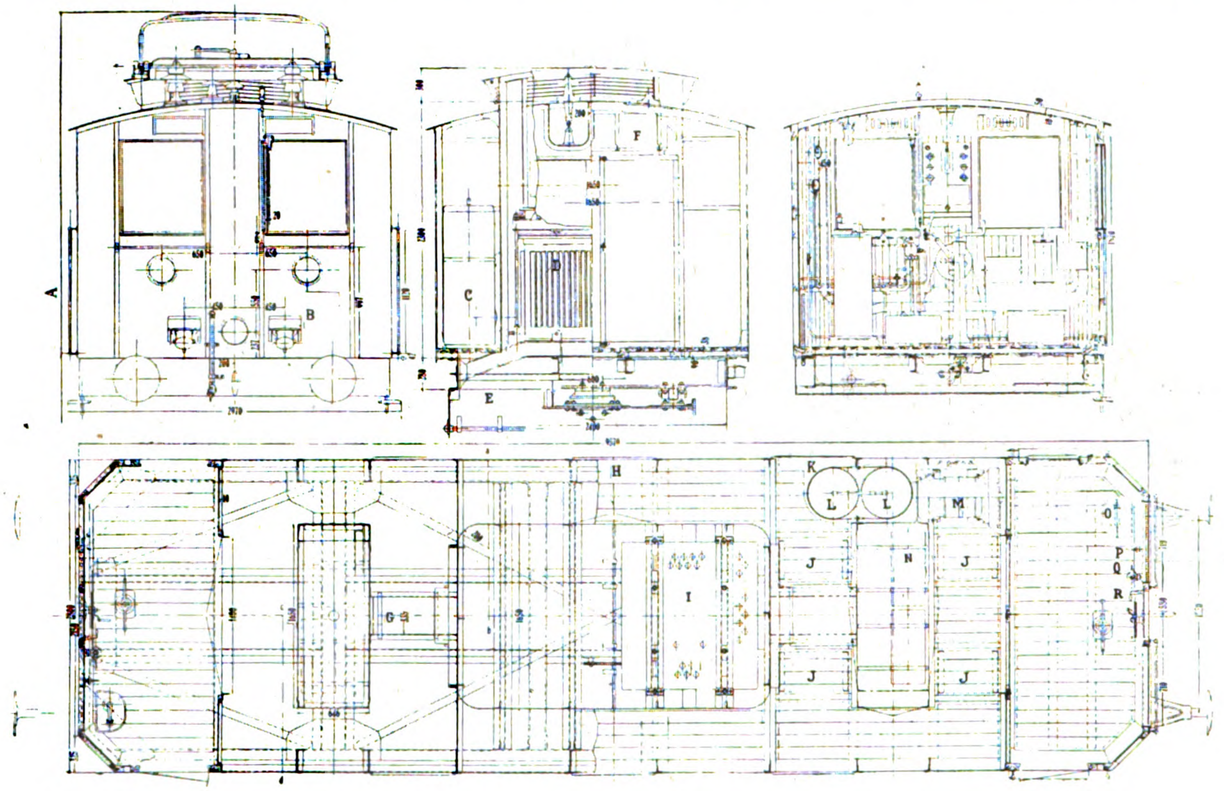


Fig. 5. — Élévation et vue en plan d'une motrice.

qui s'usaient rapidement on a substitué des pignons en acier au nickel-chrome; ces derniers ont donné satisfaction; l'usure anormale provenait peut-être des pulsations dues à la basse fréquence employée. Le pas est de 14,6 mm; la largeur des dents, au sommet, de 5 mm. L'usure des collecteurs était nulle après 70000 à 80000 km de parcours, il faut dire que la puissance des moteurs et des transformateurs dépasse beaucoup en pratique les valeurs normales.

Les dispositions de la cabine du conducteur sont satisfaisantes, mais on a été amené à adjoindre un second robinet de frein pour faciliter le service dans les manœuvres, lorsque le conducteur observe la voie par une fenêtre latérale.

Le combinateur à deux leviers est bon; l'usure des contacteurs est insignifiante; la durée des frotteurs des dispositifs de prise de courant correspond à un service de 7000 km environ.

Des essais sommaires ont indiqué une consommation d'énergie de 40 w-h par t: km, manœuvres comprises; la moitié de cette dépense est représentée par les pertes de conversion. Il y aurait, par suite, grand intérêt à éviter les convertisseurs de fréquence dans les exploitations de traction.

H. Marchand.

LA MESURE DE L'INTENSITÉ
DES
COURANTS FAIBLES ET DE HAUTE FRÉQUENCE

On sait qu'il est très difficile de construire des shunts pour ampèremètres permettant la mesure précise des courants alternatifs à haute fréquence. Si cette dernière est très basse, la solution n'est point impossible; mais si

la fréquence est assez élevée, comme par exemple celle des courants téléphoniques ou encore mieux celle des courants de la télégraphie sans fil, la solution ne réussit pas. Cet état de choses est très gênant pour celui qui fait des essais avec ces courants. Si l'on emploie un instrument qui n'est pas assez sensible, on est conduit à le remplacer par un autre plus sensible. Ce changement n'est pas si facile que celui que l'on a l'habitude d'employer avec les courants continus. Il est nécessaire de connecter les extrémités des fils et de les relier dans une autre position; le résultat sera tel que, dans bien des cas, l'instrument, généralement à fil chaud, brûlera, et la réparation coûtera à peu près 30 à 40 francs et quelques semaines de délai.

Au lieu d'appareils à dilatation du fil nous pouvons employer les « barretters » pour ces mesures. Plusieurs établissements m'ayant demandé de rendre la méthode

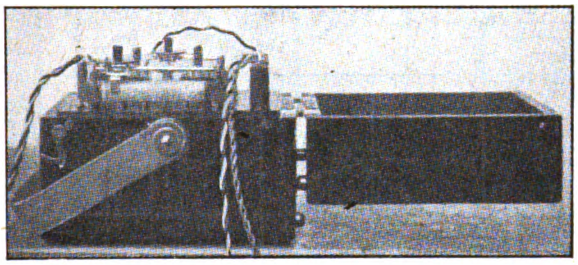


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'appareil.

bolométrique applicable aux différentes intensités du courant, j'ai adopté la solution suivante :

J'ai pris des diamètres de fils de barretters [1] variant entre 0,0005 millimètre jusqu'à 0,1 millimètre et j'ai étudié les diverses sensibilités.

Les barretters de 0,0005 millimètre de diamètre (un demi-micron) ne sont pas difficiles à établir, mais ils ne sont pas transportables, surtout par la poste; ils sont trop délicats et trop fragiles.

J'emploie généralement, pour la mesure des courants téléphoniques, des barretters de 0,003 millimètre de diamètre. Le fil est en platine; l'or est bien un peu plus sensible sous le rapport électrique, mais le fil de platine a l'avantage d'être plus durable, car il supporte mieux les chocs; la pratique a montré qu'on pouvait expédier de tels barretters par la poste et les exposer au traitement parfois brutal des douanes.

Tous ces barretters sont donc constitués par des fils de platine tendus dans l'air, dans des capsules métalliques; les frais d'extraction de l'air sont donc supprimés et par conséquent la réparation d'un barretter brûlé ne coûte que quelques francs (3 à 4 fr).

La connexion d'un appareil barretter est connu, je la mentionne le plus brièvement.

D-D sont des bobines de réaction, qui sont logées à l'intérieur de la boîte de l'appareil et par suite invisibles.

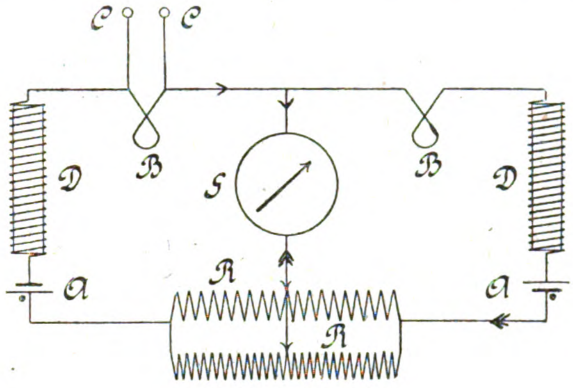


Fig. 2. — Schéma de l'appareil.

B-B sont les barretters, A-A sont les accumulateurs, G est le galvanomètre, R-R sont les rhéostats à curseur; celui de gauche a une résistance assez forte et sert au premier réglage de l'appareil; celui de droite est monté

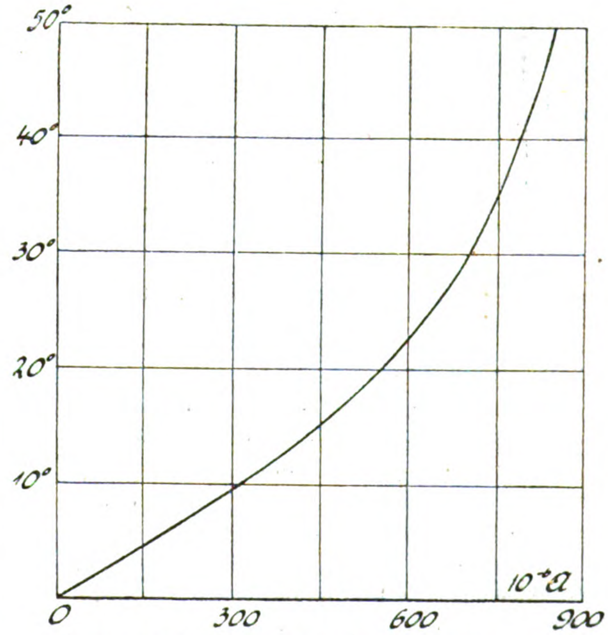


Fig. 3. — Courbe d'étalonnage d'un barretter de 2 microns.

en parallèle avec le rhéostat de gauche, a une résistance faible et sert au réglage de précision de l'appareil.

Autant que possible les deux barretters ont la même résistance, ils ont la forme de chevilles de contact et sont, par suite, faciles à remplacer à volonté.

Dans la boîte on a ménagé de la place pour des barretters de réserve.

Le jeu de barretters pour les courants téléphoniques est choisi de telle sorte que les barretters de 2 microns

[1] Le principe de la méthode consiste à faire traverser deux fils très fins de platine par un faible courant constant, fourni par des accumulateurs et à constituer une espèce de potentiomètre, permettant d'équilibrer les effets de ce courant dans un galvanomètre. L'un des fils de platine est alors soumis au courant de haute fréquence à étudier, que des bobines de self empêchent de se fermer sur le circuit continu; sous l'effet du courant à haute fréquence le fil s'échauffe, sa résistance varie, l'équilibre est rompu et le galvanomètre dévie.

sont traversés par le courant d'intensité optimum, dès que la tension atteint 2-2 volts, et que l'appareil fonctionne dans les meilleures conditions de sensibilité sans qu'il soit nécessaire de régler la tension.

La plaque supérieure en ébonite de l'appareil porte 8 contacts à chevilles fixées à des conducteurs de couleur différente, par exemple les cordons A-A servent à la mise en circuit des accumulateurs.

Les cordons B-B des barretters servent à établir les connexions avec le circuit dont il s'agit de mesurer le courant et qui contient toujours un condensateur en série.

Les cordons G-G du galvanomètre aboutissent au galvanomètre et au shunt.

Avant de procéder à la mesure des courants de haute fréquence, il est indispensable de régler d'abord l'appareil lui-même.

Au moment de la mise en circuit des accumulateurs, le galvanomètre doit être hors circuit, pour éviter qu'il ait à souffrir des variations brusques de courant. Lorsque

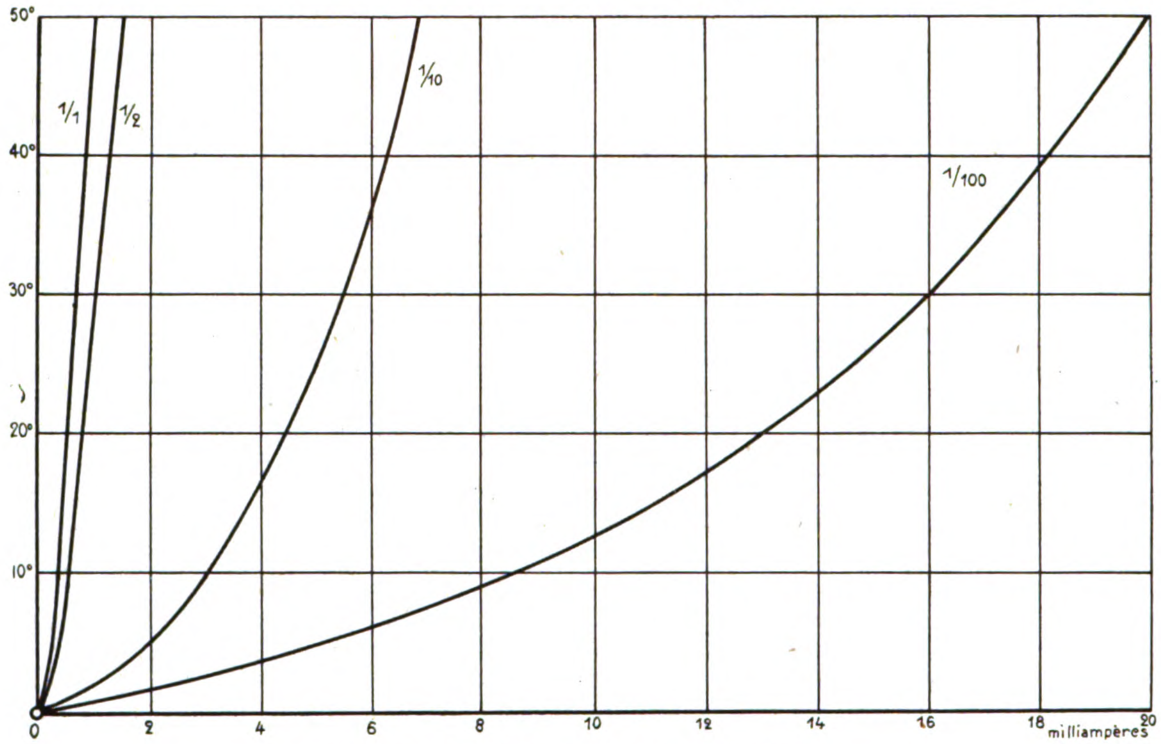


Fig. 4. — Courbes d'étalonnage d'un barretter de 3 microns.

le circuit des accumulateurs est fermé, on établit également celui du galvanomètre, qui doit rester d'abord en court-circuit sur son shunt. On intercale alors dans le circuit dérivé la résistance la moins forte et, si l'aiguille du galvanomètre dévie, on corrige cette déviation en déplaçant, dans le sens convenable, le curseur du rhéostat de gauche. Lorsque l'aiguille est revenue au zéro, on remplace la résistance du shunt par une autre plus forte (la suivante de la série) et on recommence le réglage du rhéostat. On continue ainsi jusqu'à ce que, après avoir également utilisé le rhéostat de droite, l'aiguille du galvanomètre ne dévie plus, même lorsque le galvanomètre est mis en circuit sans son shunt. (En touchant avec les mains les douilles des barretters, on leur communique une quantité de chaleur qui est lente à se dissiper ensuite. D'autre part, le contact des doigts avec les fils des résistances graisse ces derniers et rend leur résistance de contact très variable; il faut donc autant que possible éviter de toucher à ces organes.)

Après que les différences entre les deux portions de circuit ont été compensées au point que le galvanomètre marque zéro, on peut fermer le circuit du courant à mesurer.

Il est facile de voir qu'il est nécessaire de connecter un condensateur en série avec le circuit dont nous voulons mesurer l'intensité. (Afin d'éviter le déséquilibrage qui résulterait du passage du courant continu des accumulateurs dans ce circuit).

La figure 3 est la courbe d'étalonnage du barretter de 2 microns, lorsqu'on fait usage, pour la mesure des courants à haute fréquence, d'un galvanomètre à courant continu avec cadran gradué en 50 divisions. La sensibilité de ce galvanomètre à l'action du courant continu est telle que chaque division correspond à 1 microampère; c'est donc un appareil sensible.

Naturellement, si on change de galvanomètre, on a une autre courbe d'étalonnage.

Pour réduire le nombre des barretters nécessaires, j'ai employé un barretter de 3 microns. Les courbes de la figure 4 montrent les étalonnages avec différents shunts

du même galvanomètre-microampèremètre avec l'aiguille mentionné ci-dessus.

Nous voyons qu'au moyen d'un barretter de 3 microns, il est possible de faire des mesures de 0,1 milliampère jusqu'à 20 milliampères.

Nous changeons seulement les dérivations du microampèremètre.

La valeur maxima du courant continu dans le pont est de 15 milliampères, la résistance du barretter pour cette intensité est à peu près de 95 ohms.

Les courbes d'étalonnage de la figure 5 indiquent les valeurs des intensités, qu'on peut mesurer au moyen des barretters de 20, 50, 100 microns.

Nous voyons, qu'en changeant les barretters, nous pouvons mesurer jusqu'à un ampère (1000 milliampères).

Il n'est pas nécessaire d'avoir dans ces cas le courant chauffant maximum ; c'est pourquoi nous employons les accumulateurs 2 - 2 volts et le courant chauffant de 15 milliampères. Les résistances des barretters de 20, 50, 100 microns sont naturellement plus petites que la résistance du barretter de 3 microns.

Au-dessus d'un ampère j'emploie de petites lampes à incandescence en tungstène, qui peuvent être utilisées pour plusieurs ampères. Leur résistance est assez petite, comparée à celle des instruments en usage aujourd'hui (fils chauffés) et c'est pourquoi on les emploie très volontiers pour les mesures de la télégraphie sans fil :

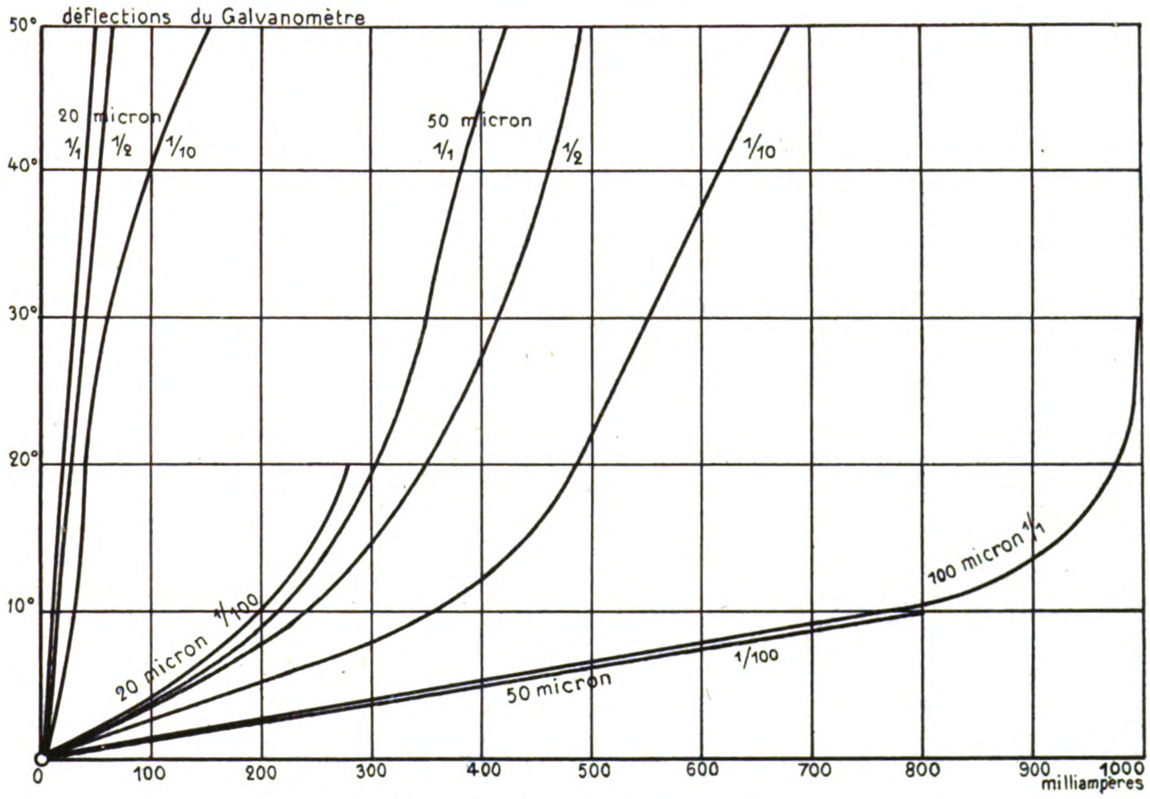


Fig. 5. — Courbes d'étalonnage de divers barretters.

La figure 6 montre les connexions actuelles dans un appareil à plusieurs barretters.

Quand nous faisons des mesures par exemple avec le barretter au tungstène, il faut que dans chaque moitié du pont de compensation seulement les barretters de tungstène soient reliés. Il n'est pas difficile de fabriquer des résistances de tungstène et aussi d'autres barretters avec une précision telle, que le microampèremètre n'accuse aucune déviation en changeant les positions des bras. Dans le cas où nous voulons mesurer très exactement, nous pourrons interrompre le courant à mesurer et contrôler les compensations du pont dans la position donnée.

En faisant une mesure par exemple avec le barretter de 100 microns, le barretter au tungstène est relié (fig. 6), mais les autres barretters de 50, 20, 3 microns sont court-circuités. Le court-circuit est le meilleur procédé pour éviter la détérioration des barretters les plus sensibles.

Cependant il arrive quelquefois que les hautes fréquences de la télégraphie sans fil occasionnent, par la présence d'un harmonique élevé, des courants induits dans les barretters en court-circuit, en sorte que, pour éviter cet inconvénient, on pourra employer la solution indiquée dans la figure 7.

1, 2, 3, sont de petites bobines de réaction, qui suffisent pour les très hautes fréquences. Le courant est relié au barretter au moyen des jacks par les fiches I - II.

En employant ces bobines de réaction, les barretters seuls peuvent être mis en différentes positions et à des

distances assez grandes l'un de l'autre. Par exemple le barretter de tungstène peut être mis très près de la terre, à près de 10 à 20 mètres de distance du pont de compensation; le barretter de 3 microns est applicable dans le circuit de réception.

Si quelques barretters brûlent, on devra tout de suite

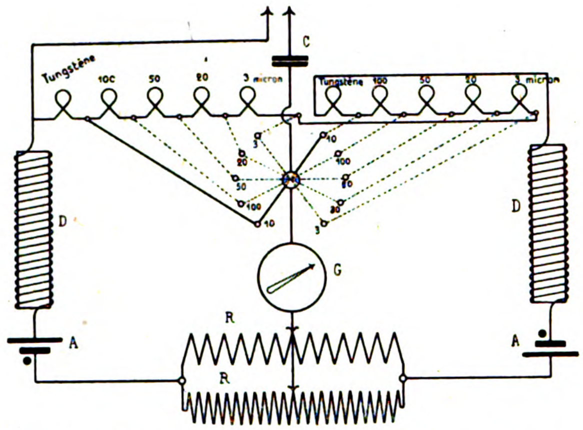


Fig. 6. — Schéma de montage d'un appareil à plusieurs barretters.

les remplacer; cette substitution est, on le sait, très difficile dans les instruments utilisant la dilatation de fils.

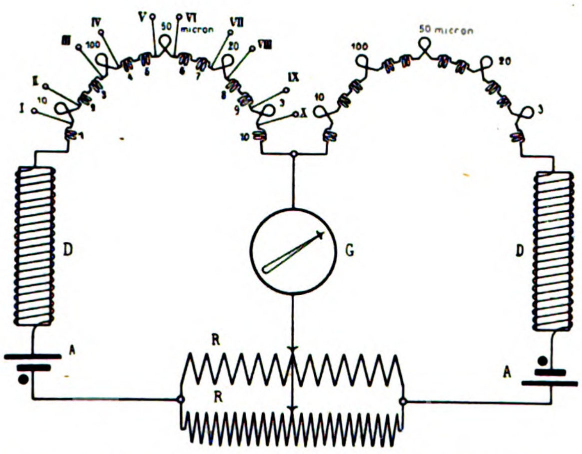


Fig. 7. — Schéma de montage d'un appareil à plusieurs barretters mesurant des courants de très haute fréquence.

C'est pour conserver cet avantage de la substitution rapide et de la réparation très facile que les barretters ne sont pas mis dans le vide, ils travaillent dans les capsules métalliques pleines d'air.

Béla Gáti.

Tout ce qui concerne la Direction et l'Administration doit être adressé à **M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, Paris.**

Tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à **M. Alf. SOULIER, 9, rue de Fleurus, Paris.**

NOTES
SUR
LE MONTAGE, LA MISE EN SERVICE ET L'ENTRETIEN
DES
PARAFOUDRES EN ALUMINIUM

L'emploi des parafoudres en aluminium a pris une grande extension dans beaucoup de pays et il paraît appelé à se généraliser; les conditions à observer dans la mise en service et l'entretien de ces instruments présentent un intérêt capital et il nous paraît, en conséquence, opportun de résumer les règles données à ce sujet par un spécialiste appartenant au pays où les parafoudres à aluminium ont rencontré le plus de faveur [1].

Montage des éléments. — Les cônes, qui sont fournis montés, sont déballés et époussetés soigneusement au moyen d'un jet d'air chaud; en les manipulant il faut les tenir par le bord et éviter de toucher les pellicules.

Remplissage des cônes. — Lorsque l'installation est sur le point d'être terminée et quelques heures au plus avant la mise en service, on remplit les cônes d'électrolyte; le parafoudre ne peut séjourner, une fois rempli, sans être mis sous tension.

L'électrolyte et les cônes doivent être tenus bien propres et à l'abri des poussières; si l'électrolyte n'est pas pur, il peut en résulter de graves détériorations du parafoudre; l'impureté de l'électrolyte se traduit par la formation d'arcs excessifs à l'éclateur au moment de la mise en charge.

Dans les manipulations, il convient de ne faire usage que de récipients en verre, en poterie, en aluminium ou en caoutchouc; on nettoie convenablement tous les instruments, goulots, tuyaux, etc., avant de faire passer le liquide.

Si l'on est obligé de laisser les cônes hors de circuit on a soin de les couvrir; de même, les cuves doivent être tenues couvertes.

Les cônes ne doivent être que partiellement remplis de liquide; la quantité à employer est de 1/8 de litre environ.

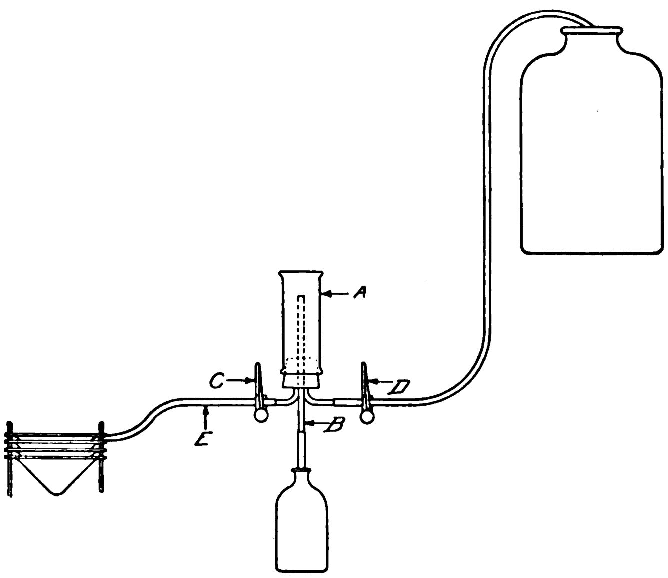
Le chargement se fait sous une légère pression en plaçant le récipient contenant le liquide à 50 ou 60 cm au-dessus de la colonne de cônes.

On opère (voy. figure) avec un siphon en caoutchouc; à l'extrémité du tube, du côté du réservoir, on adapte un bout de tube de verre pour éviter que le tuyau flotte sur le liquide. Des pinces CD, qui serrent le caoutchouc, permettent à l'opérateur de régler l'écoulement.

[1] R. T. Wagner, The construction, installation and maintenance of aluminium arresters and their auxiliaries, *General Electric Review*, février 1913, p. 101.

Il faut veiller à ce que la quantité de liquide soit la même dans chaque cône, de manière que la chute de tension se répartisse également sur les divers éléments ; on doit avoir soin aussi de remplir régulièrement tous les cônes, mais de n'en remplir aucun deux fois ; l'ouvrier chargé de cette opération procédera donc avec beacoup de méthode.

Il prendra garde de ne pas mouiller les pièces en bois



Appareil pour le remplissage des cônes de parafoudres.

ou en fibre du parafoudre et d'introduire à fond le tube de remplissage, en le poussant à égale distance des tiges de support.

Essai et mise en charge préliminaires. — Lorsque la colonne est prête, il est bon de soumettre chaque élément à un essai, afin de s'assurer que le remplissage a été convenablement effectué, et de donner aux éléments une charge préliminaire.

L'essai se fait en reliant successivement chaque élément à une canalisation à courant alternatif sous 250 à 300 volts, en série avec un groupe de lampes à incandescence ; on emploie un nombre de lampes tel que l'intensité s'établissant sur les lampes sans le parafoudre ne dépasse pas deux ampères. Le parafoudre étant mis en charge dans ces conditions, il se produit pendant quelques instants une intensité de courant assez forte et qui fait briller les lampes ; on la maintient, tout en veillant à ce que le parafoudre ne s'échauffe pas ; petit à petit, elle diminue et les lampes finissent par s'éteindre ; la charge peut alors être considérée comme terminée.

Si, dès la fermeture du circuit, les lampes restent éteintes, c'est ou bien que la pellicule est dissoute, ou bien que le cône n'est pas rempli ; dans ce dernier cas, on n'observera pas, au moment de la fermeture, l'étincelle qui se produit lorsque l'élément est en ordre.

Si l'on ne dispose pas d'une tension convenant pour la mise en charge préliminaire des éléments isolément, on peut opérer avec une tension de 500 volts, en chargeant deux éléments à la fois.

Si l'on n'a que du courant à 125 volts, l'essai permet de reconnaître si l'élément est rempli ou non, mais la charge est incomplète et il faut prendre des précautions spéciales au moment de la mise en circuit.

L'essai et la charge d'un élément demandent habituellement une dizaine de secondes.

L'essai peut au besoin s'effectuer au moyen du courant continu ; mais il faut alors opérer en reliant les éléments alternativement dans un sens et dans l'autre.

Montage des parafoudres. — Lorsque les éléments sont chargés et formés, on les empile et on les introduit dans la cuve, il faut avoir soin de veiller à ce qu'un bon contact soit établi entre la colonne et le fond.

Les éléments étant en place, on remplit la cuve d'huile. Cette opération doit être effectuée avec précaution ; l'électrolyte n'est que légèrement plus dense que l'huile et si l'on envoyait le jet d'huile de côté, sur la colonne, il pourrait rejeter l'électrolyte ; pour éviter cet inconvénient, on opère de préférence en siphonant ou en pompant l'huile dans la cuve, ou bien en la versant lentement et attentivement.

L'huile qui a séjourné dans un récipient en fer peut contenir de la rouille ; il est nécessaire pour cette raison de filtrer le liquide sur une mousseline serrée ou une toile double.

Réglage de l'éclateur. — Le réglage doit être effectué en tenant compte des remarques ci-après.

a. C'est toujours à la pointe de la courbe de tension que se produit la décharge ; la tension efficace ne joue en l'occurrence aucun rôle ; si la courbe est très effilée, l'intervalle entre les cornes sera donc beaucoup plus grand pour une tension efficace donnée que si la courbe est aplatie.

b. La décharge se fait plus facilement sous les hautes que sous les basses altitudes et l'intervalle entre les cornes doit être plus grand dans le premier cas que dans le second.

c. La production de la décharge est influencée par les caractéristiques du circuit : elle est favorisée par exemple si l'éclateur se trouve dans le voisinage d'objets métalliques, si le système est en résonance avec une fréquence supérieure quelconque, etc.

Il est donc impossible de formuler des règles générales au sujet de l'écartement à fixer entre les cornes : les constructeurs donnent cependant des chiffres qui peuvent servir d'indication ; les valeurs maxima sont celles qui ont été reconnues comme donnant une bonne protection sur des systèmes fonctionnant dans des conditions ordinaires ; les valeurs minima sont celles qui correspondent exactement à la production de la décharge lorsque les conditions existantes favorisent la production des étincelles ; en pratique, le mieux est, pour la première mise en service, de choisir un écartement moyen

et d'observer pendant quelques semaines le fonctionnement du parafoudre, en corrigeant l'écartement s'il est trop fort ou trop faible; en aucun cas, l'on ne peut descendre en dessous des minima indiqués, ni même en approcher de trop près sans s'assurer que les décharges ne se font pas trop facilement.

Dans les systèmes diphasés à trois fils, les éclateurs pour les fils extérieurs doivent correspondre à la différence de tension entre ces fils et l'éclateur pour le fil neutre, à la tension de phase,

Le réglage des éclateurs rotatifs se fera en observant les dispositions suivantes :

a. On place la corne fixe dans sa position arrière extrême, de façon que, dans la position d'ouverture, l'écartement des cornes soit maximum.

b. On amène la corne mobile dans le même plan que la corne fixe et l'on procède au réglage de l'écartement.

c. On bloque le contact de court-circuit de l'éclateur sur la partie horizontale droite de celui-ci et dans une position telle que, si l'on fait tourner la corne fixe, la lame flexible vienne se mettre en contact avec la corne opposée, en la dépassant d'un peu plus de 1 cm; s'il s'agit d'un parafoudre avec résistance de chargement à l'éclateur double, la lame ne peut toucher que la corne supérieure ou auxiliaire.

d. Dans la position normale de fermeture, la distance entre la lame et l'autre corne doit être de 25 pour 100 environ plus grande que la distance entre les deux cornes.

e. S'il s'agit d'un éclateur à résistance, la distance de décharge de l'éclateur auxiliaire doit être légèrement plus faible que celle de l'éclateur principal.

Mise en ligne. — La mise en ligne de l'appareil demande certaines précautions.

Si les éléments ont subi une formation convenable et si la mise en ligne s'effectue quelques heures seulement après cette formation, le courant n'est pas dangereux et l'on peut opérer en mettant l'éclateur en court-circuit, pour former l'élément.

Si la formation n'a pas été complète, si l'on a opéré sous une tension insuffisante ou si un délai de plus de quelques heures s'est écoulé depuis la formation, on doit opérer par étapes, en soumettant d'abord l'instrument à la moitié de la tension normale, puis aux trois quarts et enfin à la tension totale; chaque fois, on ferme et rouvre rapidement le circuit à plusieurs reprises successives en laissant apparaitre un arc à l'éclateur. Le courant de charge qui se produit alors peut être très intense et se traduire par des arcs crépitants, blancs et se maintenant jusqu'à mi-hauteur des cornes ou plus; l'éclat et la longueur des arcs diminuent pour les fermetures successives á chaque étape. Dans les conditions normales, la décharge est bleuâtre et elle ne s'élève sur les cornes qu'à une faible hauteur.

Pour les appareils qui possèdent une résistance de mise en charge, la jonction au circuit se fait à l'aide de la résistance; l'arc qui se produit alors est jaune rougeâtre par suite de ce que le facteur de puissance est modifié.

Lorsque l'on relie au circuit un déchargeur dans lequel les liaisons intérieures sont mauvaises ou bien dont l'un des éléments n'est pas rempli et si la tension appliquée est suffisante, il se produit dans l'huile, au point défectueux, un arc qui donne lieu à un bruit sourd.

Si la tension est trop faible pour que l'arc se produise, le circuit reste interrompu ; on s'en aperçoit par l'absence d'arc à l'éclateur.

Entretien de la pellicule. — Pour entretenir la pellicule, on doit soumettre journellement le parafoudre à une opération de charge.

Cette opération s'effectue de la manière suivante.

Circuits où le neutre est mis à la terre :

On ferme momentanément les éclateurs et on les rouvre immédiatement après; s'il se produit un arc épanoui, on renouvelle cette opération à intervalles de trois minutes; aussitôt que la charge momentanée cesse de donner un arc épanoui, on ferme les éclateurs et on les maintient dans cette position pendant cinq secondes.

Circuits où le neutre n'est pas mis à la terre :

1° On opère comme ci-dessus; mais en outre :

2° Les éclateurs se trouvant dans la position normale, on manœuvre le commutateur de transfèrement de manière à interchanger les liaisons et à relier à la ligne la colonne de cônes de mise à la terre.

3° On renouvelle la première opération, afin de charger la dite colonne.

Lorsque l'on met un parafoudre en service pour la première fois, ou bien lorsqu'il s'agit d'un appareil qui a chômé pendant quelque temps, il est bon de recharger l'appareil sept ou huit fois le premier jour, et de renouveler ensuite la charge deux ou trois fois par jour pendant la première semaine; après quoi, la charge journalière suffit à entretenir la pellicule.

La charge doit toujours durer cinq secondes au moins; il est bon d'y procéder à un moment du jour où la tension est maxima, de façon que la pellicule soit toujours formée pour la plus haute tension qui peut se présenter dans les conditions normales. Pour les appareils placés dans une salle de machines ou dans un local où la température est élevée, il est ordinairement bon de faire la charge deux fois par jour.

On peut se rendre compte, dans une installation quelconque, de l'utilité de renouveler la charge plus souvent que de jour en jour, à l'accentuation progressive de l'arc de charge.

La mise en charge régulière doit avoir pour objet non seulement d'assurer l'entretien de la pellicule mais encore d'accoutumer le personnel à accorder aux instruments l'attention voulue; pour que ce dernier résultat soit atteint, il est bon d'imposer aux opérateurs de prendre note des remarques qu'ils font quotidiennement quant à la longueur, à l'aspect, etc., des arcs; les ouvriers s'accoutument ainsi, peu à peu, à interpréter leurs

observations et à reconnaître si l'état des éléments est bon ou s'il appelle une visite.

L'action dissolvante de l'électrolyte est d'autant plus marquée que le liquide se trouve à une température plus élevée; aussi est-il recommandé de procéder comme à la première mise en service pour charger un instrument qui a été soumis à un courant prolongé et à un échauffement plus ou moins marqué.

Les charpentes supportant les instruments doivent être mises à la terre soigneusement. Toutes les parties isolées doivent être considérées comme placées constamment sous tension; on ne peut donc les toucher qu'après avoir coupé aux éclateurs la liaison avec la ligne et les avoir mises en communication avec la terre.

Lorsqu'un parafoudre doit rester hors de service pour un certain temps (quelques semaines), il est nécessaire de retirer la colonne de cônes de la cuve et de déverser l'huile et l'électrolyte; à défaut de cette précaution, la pellicule se détruirait de telle façon qu'il deviendrait très difficile de la reconstituer; en retirant l'électrolyte, on aura soin de ne pas mouiller l'isolement à la fibre qui est placé entre les cônes.

Reconstruction. — S'il arrive que l'on doive reconstruire un parafoudre détérioré, il faut avoir soin de n'employer dans chaque colonne que des cônes ayant la même durée de service; la capacité électrostatique des éléments varie en effet avec leur ancienneté; si l'on employait dans une colonne des éléments d'âges différents, la répartition des pressions diélectriques cesserait d'être uniforme.

Renouvellement des cônes. — Lorsque l'on est amené à démonter et à remonter une colonne, par exemple, après quelque temps de service, on en profite pour laver les cônes, dans l'huile ou dans la gazoline. On doit rejeter tout cône qui montre des piqûres. On filtre l'huile pour la débarrasser des matières étrangères.

Renouvellement de l'électrolyte. — La durée de l'électrolyte n'est pas indéfinie, mais elle dépend beaucoup des conditions d'utilisation du parafoudre; variations de la température, variations de la tension de service, fréquence des recharges, etc. On peut surveiller l'état de l'électrolyte en mesurant régulièrement, de semaine en semaine, par exemple, l'intensité du courant de charge; à partir du moment où l'on constate que celui-ci augmente, on renouvelle les mesures de jour en jour, tout en rapprochant les recharges; si, malgré ceci, l'intensité continue à augmenter, c'est que l'électrolyte doit être renouvelé; si l'on continuait à marcher avec un électrolyte trop vieux on finirait par mettre les cônes hors de service par suite de l'attaque du métal. L'aluminium se dissolvant dans les liqueurs basiques telles que la soude, la potasse, etc., il faut éviter que l'électrolyte en contienne à l'état libre. La durée moyenne du liquide, dans une installation ordinaire, est de 3 à 4 ans. H. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séances des 22 et 29 septembre 1913.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 6 octobre 1913.

Remarques sur les champs généraux, magnétique et électrique du Soleil, par H. Deslandres. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 13 octobre 1913.

Sur certaines réactions dépendant de courants de réponse, par M. France Giraud. — Lorsque deux fils métalliques reliés à un galvanomètre sensible plongent dans un électrolyte, on obtient un courant électrique en tordant ou en faisant vibrer l'un des fils; Chunder Bose a donné le nom de *courants de réponse* à ce phénomène.

Le fil excité devient négatif par rapport au fil en repos et la force électro-motrice augmente avec la fréquence et l'amplitude de l'excitation, elle varie aussi avec la nature et la concentration de l'électrolyte; la direction du courant est, en général, la même avec tous les électrolytes et constitue la *réponse normale.*

Dans certains cas, le fil excité est positif ou donne une *réponse anormale*; sous l'influence de vibrations répétées, la *réponse* redevient *normale.*

En répétant ces expériences avec des fils de cuivre soigneusement polis, j'ai trouvé qu'on pouvait obtenir la *réponse anormale* avec des solutions d'or, d'argent, de permanganate de potasse, d'iode et d'eau oxygénée ; les solutions acides, alcalines, celles qui contiennent du potassium, calcium, zinc, nickel, etc., donnent la *réponse normale* et gênent la *réponse anormale* avec l'or, etc.

Si les fils sont très propres, on peut obtenir la *réponse anormale* avec une solution d'or au 3 ou 4 millionième, pour l'argent avec une solution au 2 ou 3 millionième ; l'iode libre, le permanganate et l'eau oxygénée peuvent donner la même réaction avec une dilution pouvant aller jusqu'au 10 millionième.

L'eau distillée et l'eau de rivière donnent la *réponse normale*, tandis que l'eau de pluie donne la *réponse anormale* pendant plusieurs jours, peut-être à cause de la présence de traces d'eau oxygénée ; la même réaction peut s'obtenir avec de l'eau agitée au contact de l'air et contenant une trace d'essence de térébenthine.

La sensibilité des fils diminue au bout de quelques minutes, mais on peut la raviver en trempant les fils dans une solution d'iode à 1/1000 et en les nettoyant ensuite au blanc

d'Espagne ; leur surface doit être exempte d'oxyde et l'on doit éviter de les exposer mouillés au contact de l'air.

Avec des fils d'argent contenant un peu de cuivre, on obtient les mêmes effets avec les mêmes solutions (sauf pour celles qui contiennent du cuivre), la sensibilité des fils dure plus longtemps ; pour les raviver, il suffit de les nettoyer au blanc d'Espagne, puis de les laver à l'ammoniaque et à l'eau pure.

Le courant de *réponse normale* est très faible avec ces fils, mais en revanche celui de *réponse anormale* a une plus gande force électromotrice que celle qu'on obtient avec des fils de cuivre. On peut observer la *réponse anormale* d'une façon très nette avec une solution d'or au 5 millionième : dans certains cas, on peut encore l'obtenir faiblement avec une solution au 20 millionième ; les solutions d'argent donnent aussi une plus grande réponse anormale avec les fils d'argent qu'avec les fils de cuivre ; il en est de même pour l'iode et le permanganate ; l'eau oxygénée et les solutions de platine donnent une réponse anormale suivie aussitôt d'une *réponse normale*.

Avec les fils d'argent, il n'y a que les acides qui empêchent d'obtenir la *réponse anormale*, les alcalis et les sels en petite quantité ne l'empêchent pas de se produire, comme c'est le cas quand on emploie des fils de cuivre.

Au lieu d'un galvanomètre, j'emploie de préférence un électromètre capillaire à mercure. Chaque fil est fixé à une sorte de diapason. En faisant vibrer chacun d'eux à son tour, et en observant la colonne de mercure au microscope, je vois si le sens du courant indique la *réponse normale* ou *anormale*.

Effet sonore déterminé, au contact d'une pointe métallique et de la surface d'un cristal ou d'un métal, par le passage du courant alternatif, par MM. R. Dongier et C.-E. Brazier. — I. Lorsque les variations d'intensité que le courant subit ont des fréquences perceptibles à l'oreille, on entend un son qui suit fidèlement ces changements. L'énergie mise en jeu ne peut être que très réduite, parce qu'elle est limitée par l'intensité du courant, de l'ordre du dixième d'ampère, qui fait rougir la pointe métallique et altère le contact de celle-ci avec le métal ou le cristal. Aussi, le son est-il d'ordinaire extrêmement faible ; il a été entendu, pour la première fois par l'un de nous, sur un détecteur à galène connecté entre le sol et une antenne, aux heures d'émission du poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel. Nous l'avons d'abord renforcé au moyen de plaques métalliques circulaires montées sur caisses de résonnance et supportant le cristal ; nous avons obtenu ensuite un résultat des plus satisfaisants en fixant la pointe à la pointe vibrante d'une capsule de Marey, réunie par un tuyau de caoutchouc avec un pavillon acoustique (modèle ordinaire du phonographe à cylindre qui nous a été confié par la maison Pathé frères).

Au Bureau Central météorologique, dans le voisinage de la Tour Eiffel, avec une antenne composée d'un fil tendu de 25 m de long et d'une bobine d'accord, ce dispositif a permis de recevoir les dépêches radiotélégraphiques, distinctement, à plus de 15 m du récepteur. A l'Observatoire de Paris, qui est plus éloigné, mais où l'on dispose d'une antenne plus longue, les signaux ont été perçus nettement à 22 m de l'appareil. En plaçant l'oreille près du pavillon acoustique, la longueur du fil d'antenne a pu être réduite à moins de 3 m.

Le passage du courant alternatif du secteur (110 volts efficaces et 42 périodes) entre la pointe et le cristal détermine un son qui est perceptible à distance et qui augmente avec l'intensité du courant. Le son se maintient lorsque le courant échauffe, même jusqu'au rouge, les parties en contact, mais il est mêlé de grésillements à partir du moment où les surfaces commencent à s'altérer. En noyant l'extrémité de la pointe et le cristal dans le pétrole, il devient possible de faire passer un courant plus intense et par suite de produire un son plus renforcé.

II. Nos expériences ont porté sur le renforcement du son en fonction de la pression exercée par la pointe rigide contre la plaque métallique ou cristalline. Nous avons étudié l'influence de la nature des matières en contact ; enfin, nous avons recherché à quelle cause pouvait être dû l'effet observé.

1° Le renforcement maximum est obtenu pour des pressions comprises entre deux valeurs extrêmes ; au-dessous de la plus faible, le contact est insuffisant ; au-dessus de la plus forte, l'amplitude des vibrations est amoindrie. Le son s'élève lorsque la pression croît.

2° Les essais sur la nature des matières en contact ont été effectués d'abord sur les pointes. Celles-ci (constituées avec de l'acier ordinaire, du ferro-nickel, du maillechort, du manganin, du nickel ou du laiton) étaient mises successivement en contact avec le même cristal et pressées de manière à rendre le son le plus intense possible. Les différences d'une pointe à l'autre ne sont pas bien marquées ; il s'agit de nuances, desquelles on ne saurait tirer de conclusions fermes. Le manganin se classerait en première ligne. Le renforcement serait en relation avec la finesse de la pointe.

Nous avons essayé un certain nombre de cristaux que M. Félix Fellin a mis obligeamment à notre disposition (galènes de diverses origines, zincite, chalcosine, philipsite du Chili, chalcopyrite, magnétite, marcassite, grenat). Tous, excepté le grenat non conducteur de l'électricité, ont donné des sons plus ou moins intenses. Certains échantillons de galène et la zincite se sont placés en tête ; viennent ensuite, dans l'ordre décroissant : la magnetite, la chalcosine, la chalcopyrite, la philipsite, la marcassite et enfin des échantillons de galène.

L'effet observé n'est pas spécial aux cristaux ; les métaux oxydés à leur surface donnent des résultats analogues. Ainsi, avec de l'acier oxydé, l'intensité du son a été du même ordre de grandeur qu'avec la magnétite. L'acier poli a donné un son très faible, tout juste appréciable en mettant l'oreille dans le pavillon acoustique. Un son faible s'est produit avec le cuivre oxydé ; mais rien n'a été entendu avec le cuivre poli. Enfin, le plomb oxydé a donné un résultat, mais le son s'est éteint bientôt par suite de la soudure de la pointe avec le métal fusible.

3° Pour reconnaître la nature du phénomène dont il s'agit, nous avons placé en dérivation entre la pointe et la lame, soit un téléphone à grande résistance, soit un galvanomètre unipolaire, soit les deux à la fois. Nous avons fait usage d'une galène de premier choix comme sélecteur de courants, puis d'une galène ne produisant qu'un effet peu accentué de sélection et enfin d'une lame d'acier oxydé. Dans chacun des cas, nous avons obtenu un renforcement notable du son au

pavillon, mais tandis que la galène de premier choix donnait un son considérable au téléphone et une forte déviation au galvanomètre, la galène de dernier choix et la lame d'acier déterminaient un son insignifiant au téléphone et une division à peu près inappréciable au galvanomètre. On ne saurait donc rattacher à la même cause les effets de sélection et les effets que nous avons observés. Nous avons pensé à un effet thermique provoquant la projection brusque des particules gazeuses en contact avec la pointe, mais il ne semble pas que cette hypothèse puisse être admise, parce qu'on n'observe aucune différence dans l'intensité du son avant et après immersion de la pointe dans un liquide isolant, comme l'huile de pétrole, ou même l'eau ordinaire de la ville.

Il nous apparait que cette étude mérite d'être poursuivie au double point de vue de la théorie et des applications.

DOCUMENTS OFFICIELS

DÉCRET
concernant la sécurité des installations électriques.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du travail et de la prévoyance sociale,

Vu les articles 67, 68 et 69 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale, ainsi conçus :

« *Art.* 67. — Des règlements d'administration publique déterminent :

« 1° Les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis, notamment en ce qui concerne l'éclairage, l'aération ou la ventilation, les eaux potables, les fosses d'aisances, l'évacuation des poussières et vapeurs, les précautions à prendre contre les incendies, le couchage du personnel, etc.;

« 2° Au fur et à mesure des nécessités constatées, les prescriptions particulières relatives, soit à certaines professions, soit à certains modes de travail.

« *Art.* 68. — En ce qui concerne l'application des règlements d'administration publique prévus par l'article précédent, les inspecteurs, avant de dresser procès-verbal, mettent les chefs d'établissement en demeure de se conformer aux prescriptions desdits règlements.

« *Art.* 69. — Cette mise en demeure est faite par écrit sur le registre prévu à cet effet par l'article 90 *a*. Elle sera datée et signée, indiquera les contraventions constatées et fixera un délai à l'expiration duquel ces contraventions devront avoir disparu. Ce délai, qui ne pourra en aucun cas être inférieur à quatre jours, devra être fixé en tenant compte des circonstances à partir du minimum établi pour chaque cas par le règlement d'administration publique »;

Vu la loi du 26 novembre 1912, portant codification des lois ouvrières (livre II du code du travail et de la prévoyance sociale) et notamment les articles 3 et 4 de ladite loi;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures;

Le conseil d'État entendu,

Décrète :

SECTION I. — Prescriptions générales.

Art. 1er. — Les installations électriques doivent comporter des dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre.

Suivant cette tension, les installations électriques sont classés en deux catégories.

Première catégorie.

a. *Courant continu.* — Installations dans lesquelles la plus grande tension de régime entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts.

b. *Courant alternatif.* — Installations dans lesquelles la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 150 volts.

Deuxième catégorie.

Installations comportant des tensions respectivement supérieures aux tensions ci-dessus.

SECTION II. — Installations de machines, appareils et lampes électriques.

Art. 2. — Les machines électriques sont soumises, en outre des prescriptions générales du décret du 10 juillet 1913, et notamment de celles des articles 12, 14 et 15 de ce décret, aux prescriptions spéciales suivantes :

Pour celles qui appartiennent à des installations de la deuxième catégorie, les bâtis et pièces conductrices non parcourues par le courant doivent être reliés électriquement à la terre ou isolés électriquement du sol. Dans ce dernier cas, les machines sont entourées par un plancher de service non glissant, isolé du sol et assez développé pour qu'il ne soit pas possible de toucher à la fois à la machine et à un corps conducteur quelconque relié au sol.

La mise à la terre ou l'isolement électrique est constamment maintenu en bon état.

Les mêmes prescriptions sont applicables aux transformateurs dépendant d'installations de la deuxième catégorie.

Les transformateurs dépendant d'installations de la deuxième catégorie ne doivent être accessibles qu'au personnel qui en a la charge.

Art. 3. — Si une machine ou un appareil électrique de la deuxième catégorie se trouve dans un local ayant, en même temps, une autre destination, la partie du local affectée à cette machine ou à cet appareil est rendue inaccessible, par un garde-corps ou un dispositif équivalent, à tout autre personnel que celui qui en a la charge; une mention indiquant le danger doit être affichée en évidence.

Art. 4. — Dans les locaux destinés aux accumulateurs, dans les ateliers qui contiennent des corps explosifs et dans ceux où il peut se produire soit des gaz détonants, soit des poussières inflammables, il est interdit d'établir des machines électriques à découvert, des lampes à incandescence non munies de double enveloppe, des lampes à arc ou aucun appareil pouvant donner lieu à des étincelles, sans qu'ils soient pourvus d'une enveloppe de sûreté les isolant de l'atmosphère du local.

La ventilation des locaux destinés aux accumulateurs doit être suffisante pour assurer l'évacuation continue des gaz dégagés.

SECTION III. — Tableaux de distribution et locaux.

Art. 5. — Pour les tableaux de distribution de courants appartenant à la première catégorie, les conducteurs doivent présenter les isolements et les écartements propres à éviter tout danger.

Pour les tableaux de distribution portant des appareils et pièces métalliques de la deuxième catégorie, le plancher de service sur la face avant (où se trouvent les poignées de

manœuvres et les instruments de lecture) doit être isolé électriquement et établi comme il est dit ci-dessus au sujet des machines.

Quand les pièces métalliques ou appareils de la deuxième catégorie sont établis à découvert sur la face arrière du tableau, un passage entièrement libre de 1 m de largeur et de 2 m de hauteur au moins est réservé derrière lesdits appareils et pièces métalliques.

L'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef, laquelle ne peut être ouverte que par ordre du chef de service ou par ses préposés à ce désignés; l'entrée en sera interdite à toute autre personne.

Art. 6. — Les passages ménagés pour l'accès aux machines et appareils de la deuxième catégorie placés à découvert ne peuvent avoir moins de 2 m de hauteur; leur largeur, mesurée entre les machines, conducteurs ou appareils eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parties métalliques de la construction, ne doit pas être inférieure à 1 m.

Dans tous les locaux, les conducteurs et appareils de la deuxième catégorie doivent, notamment sur les tableaux de distribution, être nettement différenciés des autres par une marque très apparente (une couche de peinture par exemple).

Dans les locaux où le sol et les parois sont très conducteurs, soit par construction, soit par suite de dépôts salins résultant de l'exercice même de l'industrie ou par suite d'humidité, il est interdit d'établir, à la portée de la main, des conducteurs ou des appareils placés à découvert.

Art. 7. — Les salles des machines génératrices d'électricité et les sous-stations doivent posséder un éclairage de secours, continuant à fonctionner en cas d'arrêt du courant.

Art. 8. — Les canalisations nues appartenant à une installation de la deuxième catégorie doivent être établies hors de la portée de la main sur des isolateurs convenablement espacés et être écartées des masses métalliques telles que piliers ou colonnes, gouttières, tuyaux de descente, etc.

Les canalisations nues appartenant à une installation de la première catégorie établies à l'intérieur, et qui sont à portée de la main, doivent être signalées à l'attention par une marque bien apparente; l'abord en est défendu par un dispositif de garde.

Les enveloppes des autres canalisations doivent être convenablement isolantes.

Aucun travail n'est entrepris sur des conducteurs de la première catégorie en charge sans que les précautions suffisantes assurent la sécurité de l'opérateur.

Des dispositions doivent être prises pour éviter l'échauffement anormal des conducteurs, à l'aide de coupe-circuit, plombs fusibles ou autres dispositifs équivalents.

Toute installation reliée à un réseau comportant des lignes aériennes de plus de 500 mètres doit être suffisamment protégée contre les décharges atmosphériques.

Art. 9. — Les colonnes, les supports et, en général, toutes les pièces métalliques de la construction qui risqueraient, par suite d'un accident sur la canalisation, d'être accidentellement soumis à une tension de la deuxième catégorie doivent être convenablement reliés à la terre.

Art. 10. — Il est formellement interdit de faire exécuter aucun travail sur les lignes électriques de la deuxième catégorie, sans les avoir, au préalable, coupées de part et d'autre de la section à réparer. La communication ne peut être rétablie que sur l'ordre exprès du chef de service; ce dernier doit avoir été au préalable avisé par chacun des chefs d'équipe que le travail est terminé et que le personnel ouvrier est réuni au point de ralliement fixe à l'avance.

Pendant toute la durée du travail, la coupure de la ligne doit être maintenue par un dispositif tel que le courant ne puisse être rétabli que sur l'ordre exprès du chef de service.

Dans les cas exceptionnels où la sécurité publique exige qu'un travail soit entrepris sur des lignes en charge de la deuxième catégorie, il ne doit y être procédé que sur l'ordre exprès du chef de service et avec toutes les précautions de sécurité qu'il indiquera.

Art. 11. — Il est interdit de faire exécuter des élagages ou des travaux analogues pouvant mettre directement ou indirectement le personnel en contact avec des conducteurs ou pièces métalliques de la deuxième catégorie, sans avoir pris de précautions suffisantes pour assurer la sécurité du personnel par des mesures efficaces d'isolement.

Art. 12. — Les lignes téléphoniques, télégraphiques ou de signaux particulières aux établissements ayant des installations électriques et affectées à leur exploitation, qui sont montées, en tout ou en partie de leur longueur, sur les mêmes supports qu'une ligne électrique de la deuxième catégorie, sont soumises aux prescriptions de l'article 8 (alinéas 1 et 6) et à celles des articles 10 et 11.

Leurs postes de communication, leurs appareils de manœuvres ou d'appel doivent être disposés de telle manière qu'il ne soit possible de les utiliser ou de les manœuvrer qu'en se trouvant dans les meilleures conditions d'isolement par rapport à la terre, à moins que leurs appareils ne soient disposés de manière à assurer l'isolement de l'opérateur par rapport à la ligne.

SECTION V. — AFFICHAGE. — DÉROGATION. — CONTRÔLE.

Art. 13. — Les chefs d'établissement, directeurs ou gérants sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de la deuxième catégorie :

1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de la deuxième catégorie, même avec des gants en caoutchouc, ou de se livrer à des travaux sur ces pièces ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant;

2° Des extraits du présent règlement et une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques, rédigée conformément aux termes qui seront fixés par un arrêté ministériel.

Art. 14. — Dans les ateliers de construction ou de réparation de matériel électrique (machines, instruments, appareils, câbles et fils), où l'emploi des tensions de la deuxième catégorie est d'un usage courant pendant les essais du matériel en cours de fabrication, il peut être dérogé, pour ces essais, aux prescriptions du présent décret, à la condition que les organes dangereux ne soient accessibles qu'à un personnel expérimenté, désigné expressément par le chef d'établissement et que la sécurité générale ne soit pas compromise.

Une consigne spéciale réglementant ces essais doit être rédigée par le chef d'établissement et portée à la connaissance du personnel.

Art. 15. — Le ministre du travail et de la prévoyance sociale peut, par arrêté pris sur le rapport des inspecteurs du travail et après avis du comité consultatif des arts et manufactures, accorder dispense, pour un délai déterminé, de tout ou partie des prescriptions des articles 5 (alinéas 3 et 4) et 6 (alinéa 1) :

1° Aux installations créées avant la promulgation du présent décret;

2° Lorsque l'application de ces prescriptions est pratiquement impossible.

Dans les deux cas, la sécurité du personnel doit être assurée dans des conditions équivalentes à celles définies auxdits articles.

Art. 16. — Les chefs d'industrie, directeurs ou gérants doivent adresser à l'inspecteur du travail un schéma de leurs installations électriques de la deuxième catégorie indiquant l'emplacement des usines, sous-stations, postes de transformateurs et canalisations.

Une note jointe indiquera :

a. Si, par application de l'article 2 (alinéa 2) du présent règlement concernant les machines et transformateurs de la deuxième catégorie, les bâtis et masses métalliques non parcourus par le courant sont isolés électriquement du sol ou s'ils sont reliés à la terre;

b. Les renseignements techniques nécessaires pour assurer le contrôle de l'exécution des prescriptions du présent règlement (nature du courant, tension des différentes parties de l'installation, pièces métalliques visées à l'article 9, etc.).

Dans la première quinzaine de chaque année, le schéma et les renseignements qui l'accompagnent sont complétés, s'il y a lieu, par les chefs d'industrie, directeurs ou gérants, et les modifications transmises à l'inspecteur du travail.

En cas de modifications importantes ou d'installations nouvelles, le schéma et les renseignements complémentaires sont adressés à l'inspecteur du travail avant la mise en exploitation.

SECTION VI. — DISPOSITIONS DIVERSES.

Art. 17. — Le présent décret ne s'applique pas, en dehors de l'enceinte des usines de production, aux distributions d'énergie électrique réglementées en vertu de la loi du 15 juin 1906.

Art. 18. — Le délai minimum prévu à l'article 69 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale pour l'exécution des mises en demeure est fixé :

A quinze jours pour les mises en demeure fondées sur les dispositions des articles ci-après du présent décret : article 2 (alinéas 2 et 4); article 5 (alinéas 1 et 2); article 6 (alinéas 1 et 3); article 8 (alinéas 1, 3 et 6);

A quatre jours pour les mises en demeure fondées sur les dispositions des autres articles : toutefois, ce minimum de délai sera porté à un mois lorsque l'exécution de la mise en demeure comportera la création d'installations nouvelles et non pas seulement l'utilisation d'installations existantes.

Sont maintenus, à titre transitoire, les délais applicables aux mises en demeure notifiées aux chefs d'établissement avant la publication du présent décret, tels que ces délais ont été antérieurement fixés.

Art. 19. — En exécution des articles 3 et 4 de la loi du 26 novembre 1912, le décret du 11 juillet 1907 et le décret du 13 août 1912 qui l'a modifié, cesseront d'être appliqués à partir de la publication du présent décret.

Art. 20. — Le ministre du travail et de la prévoyance sociale est chargé de l'exécution du présent décret qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Paris, le 1er octobre 1913.

R. POINCARÉ.

REVUE DE LA PRESSE

ÉLECTROLYSE

Dosage électrolytique du plomb. — L'application de cette méthode, à la fois rapide et précise, de dosage exige la présence dans l'électrolyte d'un grand excès d'acide azotique, lorsque la solution contient des sels de manganèse ou d'antimoine. Le bismuth qui peut s'y trouver est également précipité en partie dans ces conditions; on le reconnaît à la coloration bleu clair. L'arsenic doit être éliminé avant l'électrolyse.

Afin d'obtenir un dépôt bien adhérent, il convient d'employer des anodes dépolis. On dissout 0,55 gramme de l'échantillon dans l'acide azotique; on redissout le sulfate de plomb qui peut exister dans 25 centimètres cubes d'une solution saturée d'azotate d'ammonium contenant 25 pour 100 d'ammoniaque, on étend d'eau et on électrolyse avec un courant de 1,5 à 2 ampères. Pour les faibles quantités de plomb, il suffit d'un excès de 5 centimètres cubes d'acide azotique dans l'électrolyte; s'il y a plus de 25 pour 100 il faut un excès de 50 centimètres cubes d'acide pour obtenir des dépôts compacts et bien adhérents. On nettoie les électrodes en les laissant quelques heures dans de l'acide azotique bouillant où l'on a dissout quelques morceaux de cuivre. (*Metallurg. Chem. Eng.*, X, 135.) M. A.

ÉLECTROMÉTALLURGIE

Les fours électriques pour la fabrication de l'acier. — M. Gerlenkirchen a fait, au dernier Congrès des fondeurs allemands, une communication dans laquelle il montre que les fours électriques permettent de fabriquer un acier équivalent à l'acier au creuset, dans des conditions bien plus favorables que le creuset. La question reste de savoir jusqu'à quel point les fours électriques peuvent faire concurrence aux autres fours de fusion de l'acier usuel dans les fonderies. Deux facteurs entrent en jeu. Il s'agit de savoir d'abord si on doit exiger une qualité particulière pour certaines pièces en acier moulé, exigence qui ne peut pas être satisfaite avec un four ordinaire et pour laquelle on paye volontiers un prix plus élevé. Dans ce cas, le four électrique sera encore avantageux, même s'il ne travaille pas dans des conditions aussi économiques qu'un four Martin. Il s'agit ensuite de savoir si, dans certaines circonstances, le four électrique ne peut pas travailler, pour les qualités d'acier ordinaires, aussi économiquement que le four Martin; dans ce cas, il faudrait donner la préférence au four électrique à cause de la fabrication de meilleures qualités et aussi à cause de sa plus grande sécurité de fonctionnement.

Le conférencier a lui-même prouvé, il y a six ans, que le four à réverbère, en particulier le four Martin, convient bien mieux que le cubilot à la fabrication de la fonte malléable. Ce qui était vrai, il y a six ans, pour le four Martin, l'est encore bien plus pour le four électrique, dans lequel on peut obtenir sans difficulté des températures qu'on ne pourrait jamais atteindre dans un four Martin, même tout nouveau. L'expérience a montré que, grâce au four électrique, on peut couler d'une façon continue des pièces de deux à trois millimètres d'épaisseur en fer homogène tendre. Et si l'on pense que ce fer homogène fourni par le four électrique est bien meilleur et la plupart du temps meilleur marché que la fonte malléable, on peut affirmer aujourd'hui, avec quelque certitude, que la fabrication de fonte malléable disparaîtra dans un delai plus ou moins long et sera remplacée par la fabrication électrique de fer homogène.

Le traitement des minerais de cuivre au four électrique. — La question du traitement des minerais de cuivre au four électrique n'est pas nouvelle, beaucoup d'usines métallurgiques s'en sont occupées, il semble cependant qu'elle intéresse davantage au fur et à mesure qu'augmente la production du métal. Après avoir envisagé l'état de la question, le *Journal du Four Électrique* montre que la fusion électrique

des minerais de cuivre n'est que la substitution de la chaleur électrique à celle dérivée de la combustion du charbon. Tant que le carbone employé au réverbère ou au water-jacket ne joue aucun rôle important dans les réactions nécessaires qui ont lieu dans ces fours, il n'y a aucune raison, au point de vue métallurgique, pour que les calories d'origine électrique ne puissent être substituées à celles données par la combustion du charbon. De plus, dans certains cas, les réactions se feront mieux dans l'atmosphère neutre du four électrique que dans celle réductrice en tout ou partie du four ordinaire.

L'emploi du four électrique pour la fusion des minerais de cuivre dépend beaucoup des prix relatifs du coke et de l'énergie électrique. Le four électrique ne se posant pas de façon générale en concurrent du four à combustion, mais se présentant pour être substitué à celui-ci dans les districts où le combustible minéral est très cher, il n'y a aucune raison pour que l'usage de cet appareil ne puisse se développer là où les conditions locales lui sont favorables.

D'autre part, avec les perfectionnements de la construction des moteurs à gaz et des turbines à vapeur, on peut obtenir aujourd'hui de l'énergie à bon compte, en partant de combustibles bon marché non convenables toutefois à l'emploi en fours ordinaires de la métallurgie du cuivre.

Pour toutes ces raisons il n'est pas douteux que le four électrique ne trouve une place avantageuse dans cette industrie, aujourd'hui formidable, du traitement des minerais de cuivre.

INSTALLATIONS

Équipement électrique du train de laminoir réversible de la Algoma Steel Company. — Ce train peut laminer 75 tonnes de blocs de 50×50 cm en barres de 8×8 cm en une heure.

Le train est actionné par un groupe du système Ilgner, constitué par une machine shunt à courant continu qui reçoit son énergie d'un transformateur rotatif à volant du système Léonard. Toute la partie électrique est enfermée dans un bâtiment spécial; une ouverture dans la paroi laisse passer l'arbre qui relie le moteur au train. La cabine de commande du train se trouve à côté de celui-ci. L'électricien conducteur a en face de lui un tableau comportant un ampèremètre, un voltmètre et deux indicateurs de vitesse.

Le train est actionné par deux moteurs à courant continu montés sur le même arbre. La tension est de 600 v, leur puissance normale atteint 2000 chevaux à 75 t:min. Les induits sont montés en série sur une tension de 1200 volts. Le transformateur rotatif à volant est constitué par deux génératrices courant continu d'une tension de 600 v chacune, d'une puissance de 1700 kw, d'un moteur asynchrone triphasé qui donne une puissance de 1800 chevaux à 2200 v, 25 p:sec. et 375 t:min., et enfin d'un volant de 68 tonnes.

Grâce au transformateur rotatif à volant, groupe dont le moteur possède dans le circuit du rotor un rhéostat de réglage, la charge demandée à la centrale est sensiblement constante. Aussitôt que la charge du moteur dépasse la charge moyenne, le rhéostat automatique fonctionne et introduit des résistances dans le rotor. La vitesse baisse alors et le volant cède son énergie au groupe.

Au contraire, si le train de laminoir demande une charge plus faible que la moyenne, la vitesse augmente, le rhéostat retire ses résistances du rotor et le volant emmagasine de l'énergie.

Le démarrage et le changement de marche des moteurs s'effectuent par la variation de la tension des tensions d'induit par un interrupteur placé dans l'enroulement des génératrices. Cet interrupteur est commandé de la cabine du conducteur par un levier.

L'excitation pour les deux moteurs du train et celle des dynamos génératrices, proviennent d'un groupe triphasé continu de 40 kw sous 250 volts.

Les génératrices et moteurs sont pourvus de relais à maxima qui coupent l'excitation du groupe excitateur de 40 kw lors d'une surcharge trop forte ou d'un court-circuit.

Moteurs du train. — A cause des nombreux démarrages et changement de sens de rotation, les moteurs ont le plus faible moment d'inertie possible. C'est pour cela que l'on a adopté deux moteurs montés sur le même arbre au lieu d'un seul.

La charge maximum des moteurs est égale 2 fois et demie la charge normale, soit ici 10 000 chevaux, ce qui correspond à un couple de 95 000 kgm.

Chaque moteur possède 16 pôles et est muni de pôles de commutation; en plus de ceci il existe un enroulement de compensation sur les pôles principaux.

La culasse est en fonte, les pôles en tôles d'acier.

L'enroulement de l'inducteur est constitué par deux couches de barres de cuivre disposées de façon que l'air puisse circuler entre les deux couches.

L'induit et le collecteur ont été étudiés spécialement au point de vue mécanique pour pouvoir résister aux chocs et aux trépidations.

Groupe moteur générateur. — Les induits des génératrices sont branchés en série et donnent ensemble 1200 v. Elles peuvent donner 2 fois et demie la puissance normale. Les collecteurs, pour éviter une trop forte élévation de température, sont munis d'un système de ventilation approprié. Les circuits d'excitation des deux machines sont branchés en série et alimentés à 250 volts.

La commande s'effectue à l'aide d'un rhéostat réglable actionné de la cabine du conducteur, de façon que l'excitation peut, en un temps très court, être ramenée à zéro et changée de sens.

Le moteur a une puissance de 1800 chevaux à 375 t:min., il est alimenté avec du courant triphasé à 2200 volts et 25 périodes. Le rotor est bobiné. Les bagues sont reliées au rhéostat automatique. Le volant, d'un diamètre de 3,65 m, est en acier coulé.

Le graissage des coussinets est particulièrement soigné, il s'effectue à l'aide de bagues et d'huile sous pression; ils sont pourvus d'un système de refroidissement à eau.

Si l'on voulait renoncer au système de graissage sous pression, il faudrait pour le démarrage un couple de 8350 kgm. Une petite pompe distribue l'huile aux coussinets; elle passe dans un refroidisseur et un filtre, pour retourner dans le réservoir.

Les parties tournantes du groupe rotatif à volant emmagasinent, à 375 t:min., une énergie de 11 755 000 kgm. Le démarreur doit être calculé en conséquence. Les résistances sont placées dans l'eau, elles sont constituées par des tubes cylindriques en fer.

Le rhéostat automatique est également constitué par des résistances en fer qui sont mises en circuit par des relais placés en série dans l'alimentation.

Dans un essai on est arrivé à amener le train en une minute de 0 à 45 tours, 22 fois de suite en inversant chaque fois. (*E. T. Z.*, 26 juin 1913.) F. H.

MESURES

Compteur de vapeur à enregistrement électrique. — On sait combien il est difficile de connaître et de surveiller à chaque instant le travail d'une chaudière, surtout lorsque plusieurs chaudières travaillent en batterie.

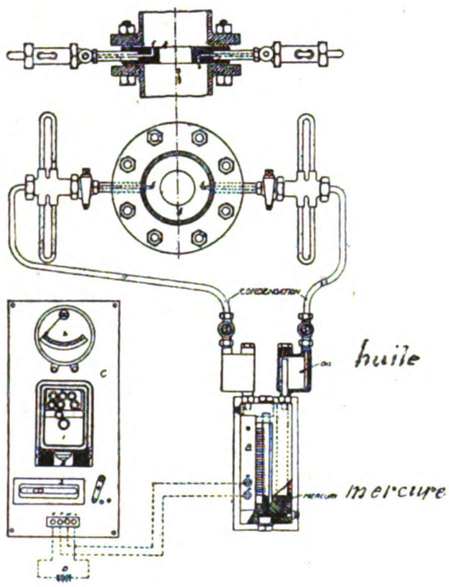
L'appareil Hallwachs, qui vient d'être mis en service à Chi-

cago, non seulement permet de suivre la production de la vapeur mais encore de l'enregistrer.

Le fontionnement de l'appareil Hallwachs repose sur la formule connue de Zeuner sur l'écoulement de la vapeur

$$x = kF\sqrt{\frac{(P-p)\,p}{v.P}}$$

dans laquelle x désigne la quantité de vapeur en kilogrammes par seconde; F, la section en mètres carrés de l'orifice d'écoulement; P, la pression absolue en kg par cm² à l'intérieur du récipient; p, la pression extérieure absolue, en kg par cm²; v, le volume spécifique correspondant en m³ par kg; K, un coefficient indépendant de la section et de la forme de l'orifice d'écoulement, déterminé par de longues années d'essais.



La précision de cet appareil est tel qu'il ne peut se produire que des erreurs d'observation qui, en général, ne dépassent pas 3 pour 100 en plus ou en moins. On remarquera, en outre, que la chute de pression résultant de l'étranglement est, en moyenne, de 0,05 à 0,07 kg:cm², et qu'elle est, par suite, négligeable en pratique.

On intercale dans la conduite de vapeur une bride d'étranglement de section plus petite que celle de la conduite. Cette bride crée une chute de pression qui est transmise par les orifices à un appareil refroidisseur ou régulateur à eau, lequel est relié par des tubes en cuivre à un manomètre différentiel à mercure.

La dépression indiquée par la différence de niveau des deux colonnes de mercure est proportionnelle à la vitesse de la vapeur et par suite à la quantité de vapeur qui traverse la bride. Dans certains modèles d'indicateur à lecture directe, une échelle graduée est placée à côté de la colonne de mercure. Le niveau de la colonne de mercure correspond à une quantité de vapeur déterminée qui peut se lire sur une table jointe à l'appareil. Cette table est établie pour les différentes pressions de la vapeur passant dans la conduite.

L'enregistrement est obtenu en disposant tout le long de la colonne de mercure une série de fils de platine soudés dans le tube de verre et reliés à des résistances à la façon des touches d'un rhéostat.

Une batterie d'accumulateurs fournit une tension constante de quelques volts, elle est fermée sur les résistances à travers un compteur ampère-heure-mètre genre O'K, en sorte que le compteur tournera avec une vitesse proportionnelle à la dénivellation. Lorsque le débit de vapeur variera, la colonne de mercure fera varier le nombre de résistances en court-circuit et le compteur suivra fidèlement ces dénivellations.

La simple lecture des cadrans donnera, à un facteur constant près, le poids de vapeur débité. (*Electrical World*, du 7 juin 1913.)

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Commandes par contacteurs pour les moteurs à démarrage automatique. — Les commandes par contacteurs, employées tout d'abord en traction, sont également très commodes pour les mises en marche des moteurs de pompes, compresseurs, ventilateurs, ascenseurs, etc. La fermeture du circuit d'excitation peut être réalisée par un flotteur, un manomètre, un bouton de pression, ou par tout autre dispositif adapté aux conditions locales; les courants d'excitation étant de faible intensité, il suffit de canalisations de faible section. L'auteur décrit les contacteurs construits par la maison allemande « Rhéostat ».

Ces contacteurs sont semblables entre eux et comprennent les mêmes éléments principaux, quel que soit le genre de courant sur lequel ils fonctionnent. La pression l'une sur l'autre des surfaces en contact entre elles est toujours suffisante, grâce à une combinaison de leviers multipliant l'effort d'attraction de l'électro d'excitation; on peut ainsi réaliser de bons contacts avec une faible dépense d'énergie. Afin d'éviter une mise en court-circuit trop rapide des divers degrés de résistance, on emploie soit des dispositifs retardateurs actionnés solidairement par chacun des contacteurs, soit un retardateur unique, indépendant des contacteurs, auquel aboutissent les différents circuits d'excitation des électros. Cette combinaison offre l'avantage de diminuer le nombre des contacts et de présenter une facilité de réparation très grande en cas d'avarie.

Les résultats obtenus même dans des cas exigeant des démarrages excessivement fréquents, pendant un service ininterrompu de jour et de nuit, ont été excellents. Il est d'ailleurs facile de régler à volonté le temps du démarrage en agissant sur le retardateur.

Les commandes par contacteurs s'appliquent aux cas les plus délicats de mise en marche ou de réglage de la vitesse de moteurs, entre autres aux pompes des docks, qui exigent une vitesse plus ou moins grande suivant la quantité d'eau à épuiser. (*Z. d. V. D. I.* n° 19, 1913.) M. A.

STATIONS CENTRALES

Les centrales électriques et la fabrication de la glace. — L'on a montré souvent que la fabrication de la glace pouvait être une opération avantageuse pendant les heures de faible charge des centrales. Cette industrie auxiliaire s'est développée surtout en Amérique, où il existe une grande demande de glace pendant la saison chaude.

L'entreprise se trouvera dans les meilleures conditions, dans une petite ville où l'on utilise encore de la glace naturelle.

Le danger de la glace naturelle pour le rafraîchissement des aliments est aujourd'hui universellement reconnu.

Les centrales interrurales peuvent également entreprendre la fabrication de la glace. La livraison s'effectue avec des camions automobiles. Souvent ces centrales prennent un agent général qui s'occupe de la vente; la centrale lui fournit chaque jour une quantité de glace déterminée.

Voici les dépenses pour une installation pouvant produire 600 kg à l'heure, d'une puissance de 35 chevaux et d'un coût d'installation de 56 200 francs.

Dépenses pendant 3 mois de fonctionnement à plein service,

à raison de 24 heures par jour, et 4 mois à demi-service à raison de 12 heures par 24 heures (la nuit) :

1080 heures de jour à 25 kw = 27000 kw-h à 4,4 centimes, soit	1 180 fr.
2520 heures de nuit à 75 kw = 63000 kw-h à 2,5 centimes, soit	1 575
Salaires : Machiniste, 1000 fr ; trois aides, 3120 fr, soit	4 120
Huiles, acide, sels, réparations	1 250
Frais de bureau	2 480
Amortissement et intérêts	7 100
	17 705 fr.

La production est de 2160000 kg de glace dont le prix de revient est de 33 centimes les 100 kg.

Pour une usine plus petite pouvant fabriquer 100 kg à l'heure, le bénéfice brut pendant les mois de juillet à septembre fut de 4650 francs. Le bénéfice net, en déduisant l'intérêt et l'amortissement du capital de 15000 francs, était de 2950 fr.

Le prix de revient moyen des 100 kg était de 35 centimes.

Dans une installation pouvant fabriquer 75 kg à l'heure, d'un capital de 10000 fr, la production annuelle était de 7500 blocs de 12,5 kg, et le prix de revient y compris l'amortissement était de 26,5 centimes par bloc.

Le prix de vente du bloc livré à domicile variait de 53 à 74 centimes. Les dépenses étaient les suivantes :

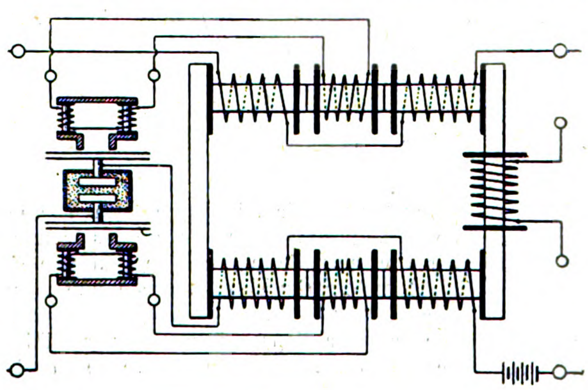
Salaires	475 fr.
Eau à 8,1 centimes le m³	298
Huile	42,5
Courant	370

(*E. T. Z.*, 20 mars 1913, p. 331.) F. H.

TÉLÉPHONIE

Un nouveau relais téléphonique. — On vient de mettre en essai aux États-Unis un relais téléphonique assez simple en principe, qui s'intercale sur la ligne dont il s'agit de renforcer la transmission.

Le courant entre par les deux bornes de gauche par exemple et sort par les bornes extrêmes de droite ; une batterie de quelques éléments est insérée dans le circuit, qui



comprend une série de bobines formant les primaires d'un transformateur dont le secondaire est relié à des récepteurs téléphoniques figurés sur la gauche.

Sur les membranes de ces récepteurs sont disposés des microphones intercalés dans le fil de ligne.

Le fonctionnement est facile à saisir. Les courants ondulatoires de la ligne induisent d'autres courants dans les récepteurs par l'intermédiaire du transformateur. Les microphones sont actionnés et ils accentuent les variations du urant qui les traversent. L'enroulement du transformateur visible sur la droite sert au réglage ; on le relie pour cela à un récepteur, mais, une fois le réglage obtenu, il reste à circuit ouvert et n'intervient pas. (*Electrical World*, du 6 septembre 1913.)

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention Dupont et Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

450 695. — **Bergmann Elektricitäts Werke A. G.** — *Compteur d'électricité pour mesurer la consommation du courant au delà d'une certaine limite* (18 novembre 1912).

450 814. — **Société The Westinghouse Brake Cᵒ Ltd.** — *Perfectionnements dans les appareils à relais électriques* (20 novembre 1912).

16 701/427 862. — **Bloustein.** — *Système nouveau de distribution d'électricité dans un réseau de conducteurs* (9 octobre 1912).

450 513. — **Majorana.** — *Perfectionnements dans les tubes destinés au passage de décharges électriques* (9 octobre 1912).

450 764. — **Société The Westinghouse Metal Filament Lamp Cᵒ Ltd.** — *Filaments spirales pour lampes électriques* (19 novembre 1912).

450 763. — **Société The Westinghouse Metal Filament Lamp Cᵒ Ltd.** — *Support pour filaments de lampes à incandescence* (19 novembre 1912).

451 037. — **Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.** — *Système de commandes des locomotives à courant monophasé* (31 janvier 1912).

450 889. — **Chabeault.** — *Téléphonographe* (18 novembre 1912).

450 970. — **Cox.** — *Dispositif pour élargir les cornets des récepteurs téléphoniques* (23 novembre 1912).

451 002. — **Société industrielle des Téléphones.** — *Système téléphonique pour lignes pouvant être influencées par des circuits à haute tension* (30 janvier 1912).

450 854. — **De Coster.** — *Dispositif destiné à l'éclairage des automobiles, etc.* (28 octobre 1912).

450 950. — **Société Westinghouse.** — *Commande de moteur électrique* (22 novembre 1912).

450 998. — **Rignoux.** — *Auto-réducteur de charge ou de décharge pour batteries d'accumulateurs* (25 novembre 1912).

451 016. — **Siemens Schuckert Werke.** — *Dispositif pour l'augmentation du débit ou de l'effet électrique des machines électriques fermées* (26 novembre 1912).

16 739/441 700. — **Keller-Dorian.** — *Moteur à énergie magnétique* (9 novembre 1912).

450 852. — **Flandin et Houdard.** — *Installation d'éclairage électrique pour automobiles* (26 octobre 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

74 065. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 526. 25 Novembre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Les distributions d'électricité à tension supérieure à 100000 v aux États-Unis. — Une fraude originale sur les compteurs à gaz à paiement préalable. — Influence d'une enveloppe en verre sur la durée des lampes à incandescence à filament métallique. — Statistique des accidents dus à l'électricité en Autriche pendant l'année 1912. — Statistique des télégraphes et téléphones en Suisse à la fin de 1912. — Accidents dus à l'électricité dans la Haute-Silésie en 1912. — Accidents dus à l'électricité en Angleterre en 1912. — Installation de T.S.F. du paquebot *Imperator*. — Tamponnage hydraulique. — Les moteurs à gaz et les électromoteurs à Berlin 513

Phénomènes électriques et effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur, **P. Noël** 517

La lampe a incandescence de 0,5 watt par bougie, **H. M.** 521

Système d'arrêt des trains a distance utilisant une dynamo d'éclairage, **A. Soulier**. 524

Sur l'emploi des courroies d'acier, **M. A.** 526

Locomotives a courant continu a 2400 volts, **M. A.** 527

Académie des sciences. — *Séance du 13 octobre* 1913 : Sur l'effet photo-électrique des composés métalliques par M. **Dima**. 527

Séance du 20 octobre 1913. 529

Séance du 27 octobre 1913 : Réfraction et rotation magnétiques des composés à fonction acétylénique, par **Ch. Moureu**, **Ch. Muller** et **Varin**. — Sur l'électrolyse du plomb et du fer dans le sol par M. **Girousse** 529

Société internationale des électriciens. — *Séance du 6 novembre* 1913 : Machine dynamo à excitation interne par **R.-V. Picou**. — La téléphonie sous-marine par M. **Devaux-Charbonnel**. 530

Revue de la Presse. — *Eclairage électrique* : Lampe à incandescence parlante. — *Installations* : Observations sur les réseaux aériens à haute tension. — *Magnétisme* : Les courbes magnétiques des machines à courant continu. Calcul des électro-aimants à courant continu. — *Moteurs thermiques* : Brûleur Wefer pour gaz de four à coke. Grille à barreaux creux refroidis par circulation d'eau. — *Stations centrales* : Utilisation de la chaleur perdue dans les usines à gaz. L'alimentation en énergie électrique de l'État de New-York. — *Télégraphie sans fil* : Station de T. S. F. d'Arlington. Règle à calcul pour la T.S.F. Réception des signaux horaires de T. S. F. 534

Brevets d'invention. 536

INFORMATIONS

Les distributions d'électricité à tension supérieure à 100000 v aux États-Unis. (*Le Génie civil*, du 6 septembre.) — Il n'existe en Europe qu'une seule ligne de transport d'énergie à une tension supérieure à 100 000 v ; ce sont les 60 km de la ligne à 110000 v équipée en Silésie par la Lauchhammer-Aktien-Gesellschaft. En France, la Compagnie Lorraine d'électricité exploite un réseau à 65 000 v. En Italie la Société Négri dessert les environs de Gênes à une tension de 74000 v. En Catalogne, la Compagnie générale d'électricité de Paris équipe actuellement pour l'Energia electrica de Cataluña, un réseau à 88 000 v.

Le projet de transport d'énergie du Haut-Rhône français prévoit l'emploi d'une tension de 120000 v pour le transport à Paris, à une distance de 400 km, d'une puissance d'environ 110 000 kw.

Aux États-Unis, les distributions régionales d'électricité ont pris un bien plus grand développement; plus de 15 installations transmettent le courant à une tension supérieure à 100000 v, à des distances atteignant 400 km. Le développement de ces réseaux dépasse déjà 2400 km. C'est d'une part l'éloignement des grandes stations centrales et d'autre part le rapide accroissement des besoins d'énergie motrice des grandes villes, qui ont entraîné l'adoption de ces tensions élevées.

Avec ces hautes tensions, les difficultés proviennent des dispositions à prendre pour protéger les réseaux contre les décharges atmosphériques et surtout pour limiter les pertes par effluves (effet corona). Dans le premier transport à 100000 v mis en service en Amérique, il y a environ 3 ans, les pertes par effet corona atteignaient environ 30 pour 100 de la puissance transmise. Depuis, les progrès réalisés dans la technique de ces installations ont permis de diminuer considérablement les pertes.

On est surpris des progrès faits en 20 ans, quand on songe que le fameux transport d'énergie de 75 kilowatts (à 15000 v) de Lauffen à Francfort sur une distance de 177 km ne remonte qu'à 1891 et que d'ici peu les installations à 150000 v seront courantes. Déjà l' « Hydro-electric Power Commission » projette d'employer, dans la province d'Ontario, la tension de 180000 v. Dans la région du Pacifique, la sécheresse de l'air est telle que l'on envisage de porter à

200000 v la tension du réseau que la « Pacific Light and Power C° » exploite actuellement à 150000 v.

Après avoir examiné successivement les parafoudres, les conducteurs, les isolateurs et la protection des stations centrales et sous-stations contre l'incendie, le *Génie civil* donne le tableau suivant, qui indique les principales caractéristiques des réseaux de distribution américains à tensions supérieures à 100000 v.

SOCIÉTÉS DE DISTRIBUTION.	LONGUEUR DES RÉSEAUX EN KM.	TENSION EN VOLTS.	ÉCARTEMENT DES PYLONES EN M.	NOMBRE DE CONDUCTEURS.	NATURE DES CONDUCTEURS.	SECTION DES CONDUCTEURS EN MM².	NOMBRE D'ISOLATEURS PAR SUSPENSION.	ÉCARTEMENT DES CONDUCTEURS EN MM.	PUISSANCE EN CHEVAUX.	DATE DE LA MISE EN EXPLOITATION.
Central Colorado Power C° . . .	250	100 000	230	3	Cuivre avec âme en chanvre.	126	4	3 300	20 000	1909
Great Western Power C°	263	100 000	230	6	Cuivre	71	5	3 100	110 000	1909
Great Falls Power C°	240	102 000	185	6	Cuivre avec âme en chanvre.	100	6	3 100	130 000	1910
Sierra San Francisco Power C°. .	220	104 000	250	3	Cuivre avec âme en chanvre.	100	5	2 450	90 000	1910
Mississipi Power C°.	223	110 000	250	6	Cuivre	390	7	3 100	300 000	1913
Ontario hydroelectric Power C° .	145	110 000	170	6	Aluminium.	160	8	2 450	175 000	1910
Au Sable electric C°.	380	140 000	150	3	Cuivre	71	10	5 300	30 000	1912
Southern Sierra Power C°. . . .	380	140 000	230	6	Aluminium avec âme en acier	160	6	»	35 000	1910
Pacific Light and Power C°. . . .	450	150 000	215	6	Acier.	300	9	4 900	120 000	1913

Au sujet des conducteurs, le *Génie civil* dit : A puissance transportée égale, l'augmentation de tension permet de diminuer la section des conducteurs; de ce fait, le vent, la neige, le givre ont une action défavorable moins importante. On a, du reste, remarqué que la neige et la glace ne tiennent plus sur les lignes à une tension supérieure à 100000 v. Leurs légers cristaux sont repoussés par une force électro-statique, comme les balles de sureau d'un électroscope. La diminution de section des conducteurs se trouve cependant limitée par les pertes dues à l'effet corona, qui augmentent quand le diamètre diminue. Elles augmentent aussi avec la tension, lentement d'abord, jusqu'à une certaine tension critique, au delà de laquelle l'accroissement devient beaucoup plus rapide..

Cette tension critique est comprise d'ailleurs entre des limites éloignées, suivant les régions et les conditions climatériques; voisine de 100000 v dans les hautes vallées du Colorado, elle peut atteindre 200000 v dans les déserts de la Californie. Les arêtes aiguës, les coudes brusques, augmentent les pertes. C'est pour cette raison que, dans les installations à 110000 v du Niagara, on a employé des tubes pour la confection des appareils de coupure.

Pour diminuer les pertes par effet corona, sans augmenter la dépense en cuivre, on a essayé l'emploi de câbles avec âme en chanvre imprégné, qui ont par ailleurs l'avantage d'une grande flexibilité facilitant le transport et la pose. Cependant les résultats n'ont pas été très satisfaisants; les fibres de chanvre, en traversant les fils du câble en cuivre, forment en effet des pointes, ce qui augmente les pertes.

On a intérêt à employer l'aluminium qui, à conductance égale, a une section supérieure à celle du cuivre.

Il résulte également de ces remarques que les très hautes tensions n'ont un intérêt économique que lorsque la longueur des réseaux et les puissances à transporter sont assez grandes pour nécessiter des sections de conducteurs telles que les pertes par effet corona ne soient pas exagérées.

F. L.

Une fraude originale sur les compteurs à gaz à paiement préalable. — Les faits suivants se sont passés à Honolulu, d'après *America Gas Light Journal*. Le directeur de la Compagnie du gaz de Honolulu savait qu'un abonné fraudait, et, depuis un an, le personnel de la Compagnie cherchait en vain à savoir comment. On ne trouvait rien dans la boîte à monnaie du compteur à paiement préalable et cependant il y avait consommation visible de gaz. On avait beau remplacer le compteur, on n'arrivait pas à prendre l'abonné en défaut. Quand les contrôleurs de la Compagnie l'interrogeaient, il répondait qu'il ne manquait pas de gaz et qu'il ne mettrait pas de la monnaie dans le compteur tant que le gaz ne lui manquerait pas. La Compagnie menaça, écrivit, envoya des inspecteurs, le tout sans résultat. De guerre lasse, elle fit offrir à l'abonné la forte somme, avec promesse de ne pas le poursuivre s'il révélait son secret. Il la prit au mot et un rendez-vous fut fixé pour les explications. Le moment venu et devant les représentants de la Compagnie, l'abonné exhiba un moule en fer et une machine à glace à éther, versa dans le moule un peu d'eau qu'il transforma en quelques secondes en un disque de glace ayant les dimensions de la pièce de monnaie, introduisit ce disque dans la fente du compteur en faisant marcher la manivelle, et eut ainsi sa provision de gaz assurée. Quant au disque de glace, une fois tombé dans la boîte à monnaie, il s'empressa d'y fondre, sans laisser la moindre trace du détournement de gaz dont il avait été le complice inconscient.

Les fraudeurs feront bien de ne pas user de ce procédé avec les compteurs électriques, qui s'accommoderaient peut-être mal de ces arrivées d'eau périodiques.

Influence d'une enveloppe en verre sur la durée des lampes à incandescence à filament métallique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 28 août.) — Les lampes à filament métallique de grande intensité lumineuse tendent de plus en plus à remplacer les lampes à arc; on les place ordinairement dans une enveloppe de verre et on les munit d'un réflecteur. M. Gustaf Sunden, ingénieur à Ludvika, Suède, a constaté que le mode de construction de l'armature de ces lampes a une grande importance..

Il y a environ 4 ans, lorsque l'on commença à employer ces lampes, M. Sunden constata qu'au bout de quelque temps, celles qui fonctionnaient sans enveloppe donnaient une une lumière beaucoup plus intense que celles munies de globe, et cela l'engagea à entreprendre des expériences.

Pour déterminer la solidité des filaments, il employa un appareil à choc, analogue à celui de M. Th. Muller, de Berne, et ne soumit aux expériences que des lampes solides, ayant résisté à une distance de 6 m pour le lancer. Il plaça une partie de ces lampes dans un tuyau de tôle, muni d'un isolant de chaleur, de sorte qu'au bout d'un certain temps l'air dans ce tuyau avait une température constante de 200°, une autre partie des lampes fonctionnait à l'air libre dans une salle dont la température était de 20° et une troisième partie fut refroidie à 2°,5 par un courant d'eau.

M. Sunden a tracé des courbes donnant la durée de vie et la distance du lancer dans l'appareil de choc qu'ont pu supporter les lampes placées dans les diverses conditions.

Les lampes brûlant dans une atmosphère de 200° ont eu une durée de 40 heures, et au bout de 10 heures la distance

du lancer était tombée à 2,50 m; celles brûlant dans l'air ont eu une durée de vie de 2000 heures et au bout de 40 heures, la distance de lancer était tombée à 5,6 m. On n'a pas constaté, pour les lampes dont l'ampoule avait été refroidie, de diminution de distance de lancer, au bout de 40 heures.

La cause de la détérioration de la lampe provient certainement de la diminution du vide intérieur quand la température extérieure est élevée, diminution due à ce que le verre devient plus poreux.

Des lampes de 300 bougies brûlant dans une atmosphère à 200° sont devenues rapidement sombres; les grosses lampes semblent plus sensibles que celles à faible intensité lumineuse.

Avec une lampe de 300 bougies, placée dans un globe ordinaire muni à la partie inférieure d'un trou de 20 mm de diamètre et d'un réflecteur, au bout de 35 minutes, la température du globe était de 70°. Avec un globe en verre dépoli ou sale la température est encore plus élevée; plus le globe est petit par rapport à la lampe, plus la température dans celui-ci monte.

M. Sunden a étudié une armature pour lampe, dans laquelle il supprime le réflecteur, qui n'est pas très utile, car une lampe à incandescence envoie peu de rayons lumineux vers le haut, l'ampoule est ainsi mieux refroidie, en outre elle est nettoyée par la pluie. F. L.

Statistique des accidents dus à l'électricité en Autriche pendant l'année 1912. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 4 septembre.) — Pendant l'année 1912, la Société électrotechnique de Vienne a été avisée de 150 accidents dus à l'électricité dont 8 mortels. 122, dont aucun mortel, se sont produits dans les tramways; 13, dont 4 mortels, dans les mines et les établissements métallurgiques; 8, dont 3 mortels, dans les fabriques et entreprises de construction, et 7, dont un mortel, dans les usines électriques.

Le tableau suivant donne des renseignements sur les accidents qui se sont produits pendant les diverses années, depuis que l'on établit la statistique.

	NOMBRE D'ACCIDENTS PENDANT L'ANNÉE							
	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912
Dans les mines et établissements métallurgiques . . .	13	3	15	20	14	8	12	13
Dans les usines électriques . .	12	4	6	8	9	12	8	7
Dans les fabriques et entreprises de construction . . .	»	2	11	16	12	5	5	8
Dans les tramways de Vienne .	29	22	32	20	93	112	141	122
Totaux	54	33	64	64	128	137	166	150
Nombre des cas mortels . . .	6	2	11	13	5	10	7	8
Cas mortels dus à du courant continu de tension inférieure à 600 v et du courant alternatif de tension inférieure à 300 v	»	»	2	1	1	3	3	1

On voit, d'après les chiffres de ce tableau, que le nombre des accidents qui se produisent annuellement dans les mines, usines électriques et établissements industriels, n'augmente pas, quoique l'on y emploie de plus en plus des machines électriques.

A peu près tous les ans, dans les mines il se produit des accidents mortels à des tensions inférieures à celles désignées comme dangereuses par les règlements autrichiens (600 v continu, 300 v alternatif.) F. L.

Statistiques des télégraphes et des téléphones en Suisse à la fin de 1912. — Les deux tableaux suivants donnent les longueurs des lignes, celles des conducteurs, le nombre de bureaux télégraphiques et de postes téléphoniques, à la fin de l'année 1912.

	LONGUEUR DES LIGNES, EN KM.		
	AÉRIENNES.	SOUTERRAINES.	TOTALE.
Lignes télégraphiques.	3 424,8	101,6	3 526,4
Lignes téléphoniques	17 195,7	810,7	18 306,4
Lignes mixtes.	3 404,9	365,5	3 770,4
Fin 1912	24 325,4	1 277,8	25 603,2
Fin 1911	23 695,7	1 215,0	24 916,7
Augmentation.	629,7	62,8	692,5

	LONGUEUR DES CONDUCTEURS TÉLÉGRAPHIQUES EN KM.			NOMBRE DE POSTES TÉLÉGRAPHIQUES.
	AÉRIENS.	SOUTERRAINS.	TOTALE.	
Fin 1912.	21 885,3	4 646,6	26 531,9	2 374
Fin 1911.	21 797,6	4 508,6	26 306,2	2 363
Augmentation . . .	87,7	138,0	225,7	11

RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

	FIN		AUGMENTATION.	DIMINUTION.
	1912.	1911.		
Nombre de réseaux.	442	427	15	»
Nombre de bureaux d'intercommunications.	347	350	»	3
Nombre de postes	90 573	84 058	6 515	»
Longueur des conducteurs aériens, en km.	74,052,5	70 757,2	3 295,3	»
Longueur des conducteurs souterrains, en km	242 720,8	232 253,4	10 467,4	»
Longueur totale des conducteurs, en km.	376 773,3	303 010,6	13 762,7	»
Nombre de conducteurs reliant les réseaux	1 038	991	47	»
Longueur des conducteurs aériens reliant les réseaux, en km	53 341,9	50 229,1	3 112,8	»
Longueur des conducteurs souterrains reliant les réseaux, en km.	7 148,8	7 185,5	»	36,7
Longueur totale des conducteurs reliant les réseaux, en km . .	60 490,7	57 414,6	3 076,1	»

Il y avait en Suisse, à la fin de l'année 1912, 4861 localités pourvues d'installations téléphoniques. C'est le canton de Zurich, qui a le plus grand nombre d'abonnés au téléphone (14460) et aussi proportionnellement le plus de postes (un poste pour 35 habitants); le canton où il y a proportionnellement le moins d'abonnés est celui du Valais (un poste pour 139 habitants).

L'administration a concédé, en 1912, 5948 km de lignes pour télégraphie et téléphonie privée et pour la réception de l'heure, principalement par des horlogers, de postes centraux de télégraphie sans fil, constitués ordinairement d'une antenne et d'un récepteur, qui reçoivent l'heure de la tour Eiffel. F. L.

Accidents dus à l'électricité, dans la Haute-Silésie en 1912. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 28 août.) — La Société de surveillance des fabriques de la Haute-Silésie publie, dans son rapport annuel, le tableau suivant des 16 accidents (dont 11 mortels) qui se sont produits, d'avril 1912 à avril 1913, dans les fabriques de la Haute Silésie.

Nature de l'accident.	Nombre.	Courant alternatif, en v. 120	220	500	1000 à 20 000
Blessures	11	1	1	1	7
Mortels	5				5
Totaux	16	1	1	1	12

La nature et la tension du courant ne sont pas indiquées pour l'un des accidents; 8 des accidents doivent être attribués à la faute des victimes, 5 à la coïncidence de circonstances malheureuses, 1 à la faute d'un tiers et 2 à une mauvaise installation. Parmi les accidents mortels, il faut en citer un qui s'est produit dans une baignoire; la victime a été foudroyée au moment où elle prenait à la main un appareil de massage à la tension de 220 v, mal isolé. F. L.

Accidents dus à l'électricité en Angleterre en 1912. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 21 août.) — Le rapport de l'inspecteur général des fabriques, en Angleterre, donne les tableaux suivants concernant les accidents dus à l'électricité en 1912 :

TABLEAU I. — ACCIDENTS DANS LES USINES ÉLECTRIQUES.

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre des morts.)

Nature des accidents.	Centrales publiques pour lumière et chemins de fer.	Autres usines.
A. Non électriques	334 (11)	37
B. Électriques	58 (1)	16
Aux tableaux de distribution pendant le service normal	11	2
Pendant le nettoyage ou les réparations de tableaux et de canalisations sous tension	27	6
Pendant le nettoyage et les réparations de tableaux et de canalisations soi disant non sous tension	7	»
Pendant le réglage de balais ou le nettoyage de collecteurs	6	6
Divers	7 (1)	3
Totaux	392 (12)	53

TABLEAU II. — ACCIDENTS ÉLECTRIQUES DANS LES FABRIQUES.

(Le nombre des cas mortels est indiqué entre parenthèses.)

Formation d'arcs :	
à des interrupteurs	23
à des appareils de sécurité	8
Décharges ou brûlures :	
lors de remplacements de fusibles	27
à des appareils transportables, contacts à fiche ou conducteurs	61
à des canalisations, interrupteurs, bornes, etc., non protégées	27 (1)
lors de travaux dans le voisinage de la haute tension :	
Personnel expérimenté	32
Personnel inexpérimenté	35 (5)
Accidents dans les fabriques électriques et des ateliers de réparation, principalement lors des essais	32
lors du réglage de balais, du nettoyage de collecteurs	9
Divers	31 (9)
Ensemble	285 (15)

F. L.

Installation de télégraphie sans fil du paquebot *Imperator*. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 28 août.) — Le plus nouveau des grands paquebots de l'« Hamburg-Amerika Line » a été muni d'un type de station de télégraphie sans fil qui jusqu'ici n'avait été employé que dans les postes à terre. La longueur du navire, qui est de 270 m, a permis d'utiliser une antenne dont la capacité est égale à celle de l'une des grandes stations terrestres.

L'installation comporte trois systèmes d'appareils d'émission.

1° Celui de la station principale, d'une puissance de 15 kw;

2° Celui de la petite station pour la communication avec les postes voisins, d'une puissance de 3 kw;

3° Celui pour l'envoi des signaux de danger.

Chaque station a son antenne; celle de la grande station est tendue entre les mâts de 63 m de hauteur distants de 170 m. Chacune des deux autres installations a une antenne consistant en un fil tendu entre l'un des mâts et une cheminée.

Chacune des deux premières stations est desservie par un groupe transformateur qui transforme le courant continu du réseau d'alimentation du navire en courant alternatif de 500 périodes par seconde. La station d'émission des signaux de danger est desservie par une batterie d'accumulateurs, chargée par la distribution générale du navire.

Le grand poste permet au navire d'être tout le temps en communication avec la terre, sur la moitié du parcours avec l'Europe, sur l'autre moitié avec l'Amérique. A 3800 km le navire était encore en bonne communication, tant pour la réception que pour l'envoi, avec la station de Norddeich; au même moment, il était en relation avec la station de Sayville à Long Island.

La petite station sert pour la communication entre navires, qui se trouvent distants de 600 km pendant le jour et de 1200 km pendant la nuit.

L'appareil d'émission de signaux d'alarme entre en fonction dès que, pour une cause quelconque, la machine du navire s'arrête. La batterie a des dimensions telles, que l'appareil peut fonctionner pendant 6 heures, c'est-à-dire pendant une durée plus grande que celle des réparations ordinaires à la machine. On attache une grande importance à la surveillance de cette partie de l'installation.

Pendant le premier voyage, aller et retour, du navire, on a envoyé 899 dépêches avec 20 979 mots; on a reçu 597 dépêches avec 11 884 mots. On a en outre reçu journellement des nouvelles de presse, environ 400 mots, ce qui a permis de rédiger un journal pour les passagers.

Tamponnage hydraulique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 21 août.) — La Société d'électricité du Haut-Rhin, à Mulhouse, se propose d'édifier près du lac Noir (Vosges) une usine destinée à emmagasiner pendant la nuit une partie de l'énergie envoyée de Rheinfelden.

Dans cette usine, qui reviendra à plus de 4 millions de francs, l'eau du lac Noir (situé à 904 m au-dessus de la mer) sera pompée et envoyée dans le lac Blanc (situé à 1054 m au-dessus de la mer); pendant la journée on pourra donc recueillir une certaine partie de l'énergie dans les turbines.

On pense que le gouvernement allemand accordera la concession demandée, car le régime des lacs qui servent de réservoir sera peu modifié. F. L.

Les moteurs à gaz et les électromoteurs à Berlin. (*Elektrotechnische Zeitschrift* du 7 août.) — Pour bien montrer les avantages de l'emploi des électromoteurs, le bureau de Berlin pour la propagande de l'électricité publie les renseignements statistiques suivants : En 1895, il y avait en fonctionnement à Berlin, 1010 moteurs à gaz et 250 électromoteurs; en 1911, 422 moteurs à gaz et 26 669 électromoteurs. D'après la statistique la plus récente, il n'y a plus que 317 moteurs à gaz.

La puissance moyenne des moteurs à gaz est de 12 kw, celle des électromoteurs de 2,8 kw. F. L.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

ET

EFFETS MÉCANIQUES

RÉSULTANT DE LA MISE EN COURT-CIRCUIT BRUSQUE D'UN ALTERNATEUR

La mise en court-circuit brusque d'un alternateur produit des effets très différents suivant qu'il s'agit d'un alternateur à grand nombre de pôles et faible vitesse angulaire ou, au contraire, d'un alternateur à grande vitesse et petit nombre de pôles. Ces effets sont peu importants et sans grand inconvénient pour le premier, tandis que, dans les turbo-alternateurs, ils peuvent être véritablement désastreux : mise hors service des machines pendant un temps plus ou moins long, destruction complète de l'appareillage auxiliaire, détérioration de certaines parties des canalisations, etc.

L'emploi des turbo-alternateurs s'étant considérablement développé dans ces dernières années, l'attention des électriciens a été attirée sur ces phénomènes pour en chercher les causes, la connaissance de celles-ci facilitant la recherche des moyens susceptibles d'atténuer l'importance de leurs effets.

Parmi les travaux les plus complets sur cette question sont ceux que M. Boucherot a exposés dans son rapport au Congrès international des applications de l'électricité de Turin 1911 : *Les phénomènes électro-magnétiques qui résultent de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur*, et dans une communication à la Société des Ingénieurs Civils : *Les effets mécaniques des courts-circuits brusques sur les turbo-alternateurs* (*Bulletin*, janv. 1912).

C'est l'ensemble des résultats de cette étude que nous nous proposons de réunir dans le présent article.

Examinons tout d'abord les différences caractéristiques de construction entre un turbo-alternateur et un alternateur-volant au triple point de vue électro-magnétique, thermique et mécanique.

Dans les alternateurs, l'induit est presque toujours fixe et les inducteurs mobiles; dans les alternateurs-volants, on peut mettre les inducteurs tournants tantôt à l'intérieur, ce qui se fait le plus souvent, tantôt à l'extérieur de l'induit; mais, dans ce dernier cas, l'inducteur doit être monté en porte-à-faux, ce qui est relativement facile, étant donnés la faible vitesse angulaire et le peu de longueur de la machine. Le turbo-alternateur ayant, au contraire, une grande vitesse angulaire et une grande longueur, son inducteur est toujours placé à l'intérieur de l'induit.

Les induits des deux sortes de machines ont le même aspect. L'inducteur du turbo-alternateur est réalisé parfois avec pôles saillants comme l'inducteur de l'alternateur volant, mais le plus souvent sous la forme cylindrique : les bobines inductrices sont alors fractionnées en un certain nombre d'éléments concentriques logés dans des encoches comme les enroulements de l'induit.

L'inducteur du turbo-alternateur et celui de l'alternateur volant peuvent être munis d'un *amortisseur* qui peut être constitué par une cage d'écureuil noyée dans l'inducteur (M. Leblanc) ou par un enroulement fermé sur lui-même, en quadrature avec l'enroulement inducteur proprement dit. Dans les turbo-alternateurs cet amortisseur est généralement réalisé au moyen des cales de fermeture des encoches reliées électriquement sur les côtés par des connexions.

A cause des grandes différences de vitesse angulaire, 60 à 150 tours par minute pour l'alternateur-volant, 750 à 3000 tours par minute pour le turbo-alternateur, le premier contient un grand nombre de petits pôles et le second un petit nombre de gros pôles. Il en résulte deux conséquences très importantes.

1° Les fuites magnétiques sont beaucoup plus faibles, relativement, dans le turbo-alternateur que dans l'alternateur-volant, aussi bien pour l'induit que pour l'inducteur. Alors que, dans un alternateur-volant, l'ensemble des fuites de l'inducteur et de l'induit dépasse souvent, pour un pôle, 50 pour 100 du flux utile par pôle, dans un turbo-alternateur, il n'est pas rare que ce rapport reste inférieur à 10 pour 100.

2° A égalité de puissances et tensions inductrices et induites, les résistances des enroulements sont notablement plus faibles dans le turbo-alternateur que dans l'alternateur volant, de 3 à 10 fois moindres, suivant les circonstances.

Une autre conséquence du petit nombre et de la grosseur des pôles du turbo-alternateur est la grande valeur de la tension induite par spire, soit dans l'induit en temps normal (jusqu'à 200 volts), soit dans l'inducteur et l'induit lorsqu'il y a des variations de flux dans ces deux parties par suite de perturbations quelconques. Cela exige naturellement des isolements très soignés dans toutes les parties de la machine, en prévision des tensions anormales qui peuvent se produire et qui atteignent plusieurs milliers de volts.

L'alternateur volant, de grand diamètre extérieur, se trouve refroidi énergiquement de façon toute naturelle, et n'a besoin que d'un arbre très court. La question du refroidissement et la réalisation de la partie mécanique du turbo-alternateur présentent, par contre, de sérieuses difficultés. En admettant comme vitesse circonférentielle extrême 100 mètres par seconde, la vitesse angulaire de 3000 tours par minute ne permet pas de dépasser un diamètre de 65 à 70 centimètres pour le rotor.

Il est alors nécessaire d'augmenter la longueur si l'on veut obtenir une puissance notable. Mais alors la réalisation de l'arbre devient difficile, car plus on l'allonge plus il faut augmenter son diamètre pour qu'il résiste, en flexion, non seulement au poids du rotor, mais encore aux efforts magnétiques correspondant à la dissymétrie possible. La pratique a montré qu'on ne peut pas dépasser

beaucoup les longueurs d'induit de 1,2 m pour 3000 tours par minute, et 2 m pour 1500 tours par minute. La longueur utile est encore plus petite; le refroidissement naturel étant insuffisant, étant donnée la petite surface d'évacuation, il est nécessaire de ménager dans le rotor des canaux de ventilation parallèles à l'arbre et d'autres perpendiculaires dans lesquels on établit une violente circulation d'air.

Nous pouvons maintenant aborder l'étude des phénomènes qui se produisent après la mise en court-circuit d'un alternateur.

I. Phénomènes électro-magnétiques. — 1° *Des divers coefficients d'inductance d'un circuit d'alternateur.* — Il est utile, pour faciliter la compréhension de ce qui va suivre, de rappeler quelques définitions.

Lorsqu'un circuit électrique est seul, ou en présence d'autres circuits ouverts, il a seulement un coefficient de self-inductance L défini par le produit $n\mathcal{F}$ du nombre de spires n du circuit par le flux magnétique $\mathcal{F}$ qu'il embrasse lorsqu'il est parcouru par un courant égal à une unité électro-magnétique C.G.S., c'est-à-dire 10 ampères. L est le coefficient de self-induction, ou la self-inductance du circuit.

Mais si les autres circuits sont fermés sur eux-mêmes, ou sur une impédance quelconque, il y a d'autres coefficients à envisager.

Considérons d'abord le cas simple où deux circuits électriques sont en présence et fixes dans un milieu de conformation magnétique invariable (transformateur).

Ils ont chacun un coefficient de *self-inductance* L_1 pour le primaire, L_2 pour le secondaire, défini comme il vient d'être dit. Ils ont entre eux un coefficient de mutuelle inductance M défini par le produit du nombre de spires de l'un des circuits par le flux que produit à travers lui un courant de 10 ampères passant dans l'autre; de ce fait, ils ont des coefficients de *self-inductance de fuites*, $\mathfrak{L}_1$ pour le primaire, $\mathfrak{L}_2$ pour le secondaire donnés par les relations:

$$\mathfrak{L}_1 = L_1 - \frac{n_1}{n_2} M$$

$$\mathfrak{L}_2 = L_2 - \frac{n_2}{n_1} M$$

Enfin si l'un des circuits est supposé alimenté, l'autre étant en court-circuit, il a une self-inductance apparente différente de sa self-inductance véritable et de sa self-inductance de fuites. Dans ces conditions, le flux embrassé par ce circuit étant la somme des flux de fuites des deux, M. Boucherot a proposé pour ce coefficient apparent le nom d'*inductance des fuites totales* ramenées dans ce circuit. Cette inductance peut être envisagée pour l'un ou l'autre des circuits et a les valeurs suivantes :

$$N_1 = L_1 - \frac{M^2}{L_2} \text{ pour le primaire,}$$

$$N_2 = L_2 - \frac{M^2}{L_1} \text{ pour le secondaire.}$$

De ces deux relations on déduit facilement :

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{N_1}{N_2}.$$

Jusqu'ici nous avons supposé la mutuelle inductance constante. Supposons maintenant qu'il s'agisse d'un alternateur dans lequel la mutuelle inductance est variable avec le temps et cherchons ce que deviennent les coefficients précédemment définis.

Plaçons-nous d'abord au point de vue du circuit inducteur seul.

Pour un alternateur diphasé, dénué d'harmoniques, les trois coefficients d'inductance conservent entièrement leurs significations et leurs valeurs pour le *circuit inducteur*, avec cette seule modification que M est le maximum du coefficient de mutuelle inductance de ce circuit avec chacun des circuits d'induit.

Il en va de même pour tout autre alternateur polyphasé sous réserve du changement que peut apporter aux valeurs numériques la mutuelle inductance constante entre les circuits d'induit.

L'alternateur diphasé est en effet le seul des alternateurs polyphasés dans lequel il n'y ait pas de mutuelle induction entre les circuits d'induit. C'est pour cette raison qu'il est plus facile d'établir les théories générales des alternateurs polyphasés en prenant le diphasé comme type.

Pour l'alternateur monophasé, la self-inductance de chacun des deux circuits, inducteur et induit, peut être et est généralement constante, mais la self-inductance de fuites et l'inductance des fuites totales ne sont plus constantes, ce sont des fonctions périodiques du temps. Si la mutuelle induction entre les deux circuits est, par exemple, de la forme : $m = M \cos \omega t$ on a :

$$\mathfrak{L}_1 = L_1 - \frac{n_1}{n_2} M \cos \omega t$$

$$N_1 = L_1 - \frac{M^2 \cos^2 \omega t}{L_2}.$$

et des expressions analogues pour $\mathfrak{L}_2$ et N_2.

Plaçons-nous maintenant au point de vue des circuits induits.

S'il n'y a qu'un circuit inducteur, même si l'alternateur est polyphasé, les coefficients d'inductance de fuites ne sont pas constants pour les circuits d'induit.

Il en est tout autrement si le système inducteur possède un circuit amortisseur. Les coefficients d'inductance de fuites des circuits induits reprennent alors la signification et la valeur qu'ils ont dans le transformateur statique, même pour un alternateur monophasé; le circuit inducteur proprement dit et l'amortisseur constituant un système diphasé.

Entre l'amortisseur parfait contenant la même quantité de cuivre que l'inducteur, et l'absence complète d'amortissement, il y a une infinité de solutions pratiques possibles qui se rapprocheront plus ou moins de l'amortissement parfait. Dans ce cas se trouveront des pôles massifs,

des inducteurs traversés par de forts boulons d'assemblage formant plus ou moins cage d'écureuil, etc.

Pratiquement, il suffira d'examiner ce qui se passe dans les deux cas extrêmes, avec et sans amortisseur parfait et à conclure suivant la nature de l'amortissement existant réellement dans l'alternateur.

2° *Court-circuit brusque polyphasé.* — Un alternateur polyphasé étant à vide, le flux dans l'inducteur est constant et égal à

$$\mathcal{F}_1 = \frac{L_1}{n_1} J,$$

J étant le courant continu d'excitation.

Le flux tournant dans l'induit, qui est aussi le flux maximum dans chaque phase d'induit, est

$$\mathcal{F}_2 = \frac{M}{n_2} J,$$

et la force électro-motrice efficace par phase :

$$E_2 = \frac{\omega M J}{\sqrt{2}}.$$

Lorsque l'alternateur est en court-circuit sur toutes ses phases depuis longtemps, le courant efficace par phase est :

$$I_{2\,cc} = \frac{E_2}{\omega L_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{M}{L_2} J,$$

en négligeant la résistance devant la réactance.

Les flux sont alors considérablement réduits. Dans l'induit le flux est nul si l'on néglige la résistance des enroulements. Dans l'inducteur le flux est la résultante du flux de fuites de l'inducteur et du flux de fuites d'induit changé de signe et il a pour valeur :

$$\mathcal{F}_{1\,cc} = \frac{J}{n_1} N_1.$$

Il y a donc pendant le changement de régime, pendant l'état variable qui suit immédiatement la mise en court-circuit brusque, une variation de flux dans l'inducteur :

$$\mathcal{F}_1 - \mathcal{F}_{1\,cc} = \frac{J}{n_1}(L_1 - N_1).$$

Si R_1 est la résistance du circuit inducteur, la quantité d'électricité induite par cette variation de flux est :

$$J\,\frac{(L_1 - N_1)}{R_1},$$

qui se manifeste sous forme d'un courant s'amortissant suivant une loi exponentielle, mais qui peut atteindre dans les premiers instants une très forte intensité; les courants alternatifs de court-circuit dans l'induit atteignent de ce fait des valeurs considérables, puisque, en court-circuit, il y a proportionnalité entre les courants induits et le courant inducteur.

Que l'alternateur ait peu ou beaucoup de fuites, la quantité d'électricité induite dans l'inducteur pendant l'état variable reste à peu près la même, puisque les fuites ne font varier que N_1 qui est petit par rapport à L_1; mais la grandeur des fuites influe notablement sur l'allure

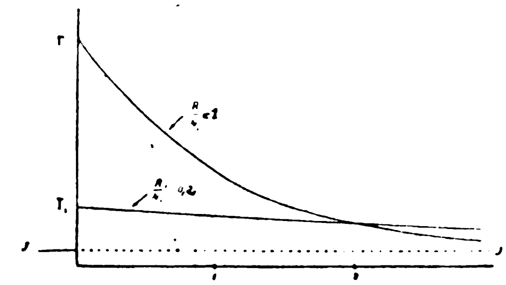


Fig. 1.

de l'exponentielle qui représente le courant (fig. 1). Si l'induit était ouvert, la constante de temps de l'inducteur serait $\frac{L_1}{R_1}$; mais comme l'induit est fermé sur lui-même, il faut prendre pour constante de temps $\frac{N_1}{R_1}$.

Le courant continu induit dans l'inducteur est donc de la forme :

$$\Gamma_1\, \varepsilon^{-\frac{R_1}{N_1}t}$$

(ε étant la base des logarithmes népériens) et la quantité d'électricité induite lui est reliée par la formule :

$$\int_0^\infty \Gamma_1\, \varepsilon^{-\frac{R_1}{N_1}t}\, dt = \frac{J(L_1 - N_1)}{R_1},$$

d'où

$$\Gamma_1 = J\,\frac{L_1 - N_1}{N_1}$$

qui représente la valeur du courant induit au premier instant du court-circuit.

Le courant total dans l'inducteur atteint à ce moment la valeur :

$$J + \Gamma_1 = J\,\frac{L_1}{N_1}$$

et le courant efficace dans chaque phase d'induit :

$$\frac{MJ}{\sqrt{2}\,L_2}\frac{L_1}{N_1} = \frac{MJ}{\sqrt{2}\,L_2}\frac{L_2}{N_2} = \frac{MJ}{\sqrt{2}\,N_2}.$$

Nous n'avons fait aucune hypothèse sur la constitution du système inducteur; ce résultat est donc le même, qu'il y ait ou non un circuit amortisseur.

Par un phénomène analogue à celui que nous venons d'analyser, des courants continus prennent naissance dans les circuits d'induit et donnent lieu à un courant alternatif dans l'inducteur. Il y a donc finalement, dans l'inducteur et dans l'induit, superposition de courants continus et de courants alternatifs amortis.

Les courants continus qui se développent dans les circuits d'induit n'ont pas la même importance dans tous; contrairement à celui de l'inducteur, ils dépendent dans

chaque phase du moment de fermeture du court-circuit.

Supposons qu'il s'agisse d'un alternateur diphasé et que le court-circuit soit produit au moment où le flux est maximum dans la phase A, et par conséquent nul dans la phase B. Il ne se produira pas de courant continu dans celle-ci; au contraire la quantité d'électricité induite dans la phase A aura la plus grande valeur possible.

Le flux dans cette phase variant de $\frac{MJ}{n_2}$ à zéro et sa résistance étant R_2, la quantité d'électricité induite y sera :

$$\frac{MJ}{R_2}.$$

Si l'inducteur est muni d'un circuit amortisseur, la constante de temps d'un circuit induit est $\frac{N_2}{R_2}$ et le courant continu induit est de la forme

$$\Gamma_2 \varepsilon^{\frac{R_2}{N_2}t}$$

et la quantité d'électricité induite

$$\int_0^{\infty} \Gamma_2 \varepsilon^{-\frac{R}{N_2}t} dt = \frac{MJ}{R_2},$$

d'où

$$\Gamma_2 = \frac{M}{N_2} J.$$

Le courant instantané dans la phase A sera ainsi de la forme

$$i_2 = \frac{MJ}{N_2} [\varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t} - \varepsilon^{-\frac{R_1}{N_1}t} \cos \omega t] +$$
$$+ \frac{MJ}{L_2} \varepsilon^{-\frac{R_1}{N_1}t} \cos \omega t - \frac{MJ}{L_2} \cos \omega t,$$

et celui dans la phase B

$$i'_2 = \frac{MJ}{N_2} \varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t} \sin \omega t - \frac{MJ}{L_2} \sin \omega t.$$

Le dernier terme de chaque expression représente le courant de court-circuit permanent.

Le courant continu dans la phase A : $\frac{MJ}{N_2} \varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t}$ développe dans le circuit inducteur une force électro-motrice dont la partie principale est :

$$\frac{MJ}{N_2} \varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t} \times \omega M \sin \omega t,$$

qui donne un courant

$$-\frac{MJ}{N_2} \varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t} \times \frac{M}{L_1} \cos \omega t = -\frac{L_1 - N_1}{N_1} J \varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t} \cos \omega t,$$

et le courant inducteur instantané total est :

$$i_1 = J \left[1 + \frac{L_1 - N_1}{N_1} (\varepsilon^{-\frac{R_1}{N_1}t} - \varepsilon^{-\frac{R_2}{N_2}t} \cos \omega t) \right].$$

Le raisonnement précédent suppose un amortisseur dans l'inducteur. Dans le cas contraire la constante de temps des circuits d'induit n'est plus $\frac{N_2}{R_2}$; le calcul complet montre qu'elle devient alors $\frac{2N_2}{R_2} \frac{L_2}{L_2 + N_2}$, ou comme N_2 est petit devant L_2, sensiblement $\frac{2N_2}{R_2}$. De plus, les courants d'induit contiennent un terme alternatif amorti de pulsation 2ω.

Lorsque le court-circuit est produit à un autre moment de la période, l'allure de ces courants d'induit change, puisque du courant continu est induit dans les deux phases, mais celle du courant inducteur ne change pas.

Les courbes des figures 2 et 3 sont déduites du calcul

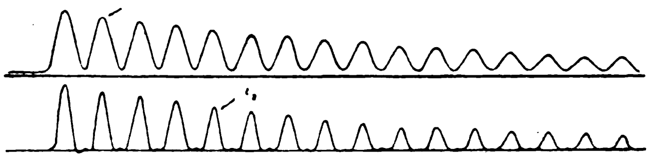


Fig. 2.

théorique et présentent un accord remarquable avec les oscillogrammes expérimentaux. Pour les établir on a supposé : $\frac{L_1}{N_1} = 10$, $\frac{R_1}{N_1} = 5$, $\frac{R_2}{N_2} = 10$, ce qui correspond à un turbo-alternateur de grandes dimensions. La figure 2 suppose l'absence, la figure 3 la présence d'un amortisseur. On n'a figuré qu'un des courants induits, celui du

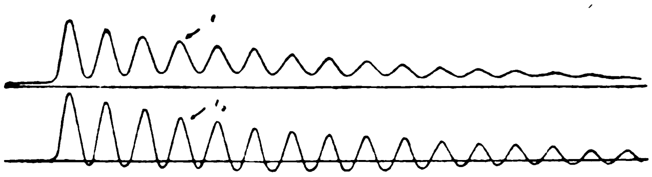


Fig. 3.

circuit où le flux est maximum au moment du court-circuit.

L'accord entre la théorie et l'expérience est complet. On trouve en effet sur les oscillogrammes des valeurs des surintensités et constantes de temps qui correspondent bien à celles qu'on peut raisonnablement attribuer aux machines ayant servi aux expériences. Il faut naturellement tenir compte de la self-inductance de l'excitatrice dans la valeur de L_1.

Les constantes de temps de l'inducteur et de l'induit ne sont pas les mêmes. Il y a toujours plus de fil sur l'inducteur que sur l'induit; or comme la résistance croît proportionnellement au nombre de spires, tandis que tous les coefficients d'inductance varient au moins comme le carré du nombre de spires, on doit avoir nécessairement : $\frac{R_1}{N_1} < \frac{R_2}{N_2}$. Il en résulte que dans l'inducteur le courant alternatif doit s'amortir plus vite que le courant continu, et ce doit être le contraire pour l'induit. C'est bien en effet ce que confirme l'expérience.

Enfin, on trouve bien sur certains oscillogrammes, pour l'induit, le courant de fréquence double de la fréquence normale que prévoit la théorie lorsqu'il n'y a pas d'amortisseur ou seulement un amortissement imparfait.

Au point de vue pratique, il convient d'envisager la valeur des surintensités et leur durée.

Dans l'inducteur se développe une surintensité continue $J\frac{L_1}{N_1}$ et une surintensité alternative ayant presque cette valeur comme maximum. Pour un turbo-alternateur $\frac{L_1}{N_1}$ peut être égal à 10 et l'intensité dans l'inducteur atteint momentanément 20 fois l'intensité d'excitation normale J.

Dans l'induit, l'intensité efficace atteint 10 fois le courant de court-circuit normal, lequel peut être égal à 2 ou 3 fois le courant de pleine charge. A ce courant alternatif se superpose un courant continu qui dépend du moment de fermeture et peut atteindre en valeur le maximum du courant alternatif.

Dans un alternateur-volant ces surintensités sont plus faibles, le rapport $\frac{L_1}{N_1}$ n'atteignant que 3 ou 4.

Quant aux durées, il faut d'abord définir ce que l'on entend par là. Nous appellerons durée le temps t_1 qu'il faut pour que la surintensité soit réduite au 1/10 de sa valeur initiale ; l'exposant de l'exponentielle doit alors avoir pour valeur 2,3 c'est-à-dire

$$\frac{R_1}{N_1}t_1 = 2{,}3 \text{ d'où } t_1 = 2{,}3\frac{N_1}{R_1}$$

s'il s'agit de la surintensité continue dans l'inducteur et alternative dans l'induit qui est celle qui dure le plus.

Pour une même valeur de L_1, N_1 est plus grand dans un alternateur-volant que dans un turbo-alternateur; mais comme la résistance R_1 est beaucoup plus petite dans le turbo-alternateur que dans l'alternateur-volant, le rapport $\frac{N_1}{R_1}$ est plus grand pour le « turbo » que pour le « volant ».

Nous examinerons plus loin les conséquences de ces surintensités au point de vue mécanique. Leur durée est trop petite pour que l'échauffement provoqué soit dangereux ; mais il peut en résulter des détériorations des isolants dans l'inducteur par surtension du fait de la self-inductance de l'excitatrice. Supposons que cette self-inductance soit le quart de l'inductance des fuites totales N_1 : sa réactance pour le courant alternatif de l'inducteur est $\frac{1}{4}\omega N_1$. La valeur efficace de ce courant alternatif, dans les premiers instants est $\frac{J}{\sqrt{2}}\frac{L_1 - N_1}{N_1}$ ou sensiblement $\frac{J}{\sqrt{2}}\frac{L_1}{N_1}$. La tension efficace aux bornes de l'excitatrice et de l'inducteur est donc

$$\frac{1}{4\sqrt{2}}\omega L_1 J$$

c'est-à-dire 1/6 environ de la tension que l'on aurait aux bornes d'une bobine ayant pour self-inductance, la self-inductance totale de l'inducteur L_1 et dans laquelle passerait un courant efficace J ; ce qui représente des milliers de volts pour un inducteur excité sous 100 volts. Il faut donc que l'inducteur et l'excitatrice soient isolés pour des tensions incomparablement plus grandes que celle du fonctionnement normal.

Pour réduire les surintensités de court-circuit, il y a évidemment avantage à augmenter les fuites de l'alternateur, dans l'inducteur comme dans l'induit, contrairement à ce qu'on s'est appliqué à faire jusqu'ici pour les alternateurs.

Pour réduire les surintensités des alternateurs existants, on a proposé l'emploi de bobines de self-induction. Elles peuvent être appliquées théoriquement dans l'inducteur comme dans l'induit. L'augmentation de L_1 comme celle de L_2 a pour effet d'augmenter N_1 et N_2 : ce que montrent facilement les formules.

$$N_1 = L_1 - \frac{M^2}{L_2}, \quad N_2 = L_2 - \frac{M^2}{L_1}.$$

Pratiquement il ne faut pas songer à placer une bobine de self-induction dans l'inducteur. Outre que cela obligerait à faire l'excitation sous une tension plus élevée, pour fournir la chute ohmique de la bobine, cela provoquerait, lors des courts-circuits, des surtensions considérables aux bornes de l'excitatrice et de l'inducteur, comme nous l'avons vu précédemment.

L'application de bobines de self dans les circuits d'induit ne présente pas autant de danger ; mais dans le fonctionnement normal, ces bobines absorbent une tension importante en quadrature avec le courant débité, ce qui obligera l'alternateur à fournir en charge une tension supérieure de 15 à 30 pour 100 à la tension pour laquelle il a été prévu. De plus le prix d'acquisition de ces bobines est assez élevé, étant donnée leur puissance apparente.

(*A suivre.*)

P. Noël.

LA LAMPE A INCANDESCENCE

DE

0,5 WATT PAR BOUGIE

Nous avons signalé, il y a quelque temps, l'apparition de nouvelles lampes à filament métallique [1] fournissant

---

[1] Cette lampe, étudiée par la General Electric Company, porte en Allemagne le nom de « Lampe Nitra » ; elle est fournie en unités de 600 à 3000 bougies ; des spécimens sont déjà en service dans plusieurs installations : le théâtre artistique allemand de Berlin (ancien Opéra des princes royaux) en possède six de 200 bougies. La Société Auer et la Société Siemens (lampe Wotan) annoncent également une lampe consommant 0,5 watt par bougie.

deux bougies par watt; cette lampe, qui est le résultat de patientes recherches du service du laboratoire de la General Electric Company, n'est pas, comme d'autres lampes déjà en usage, une variante de la lampe au tungstène ordinaire, avec fil disposé de manière à modifier la distribution lumineuse et à concentrer la lumière sous un angle déterminé; elle est basée sur un principe nouveau et c'est par bougie d'intensité moyenne sphérique qu'elle consomme 0,5 watt; la *General Electric Review* (1) en donne l'intéressante étude qui suit; elle a d'ailleurs fait l'objet de communications aux associations techniques américaines, et notamment à l'Institution des ingénieurs électriciens (2).

Dès l'apparition de la lampe à fil de tungstène, on a cherché à relever encore le rendement, cependant remarquable, de cette lampe et, si les résultats n'ont pas été immédiatement décisifs, c'est que l'on ignorait les causes qui en limitaient la durée; par suite de ce fait les tentatives faites dans le but indiqué ci-dessus furent généralement empiriques; on étudia un grand nombre de procédés de fabrication des fils, de méthodes d'aspiration, etc., avec l'espoir d'augmenter la durabilité des lampes et de pouvoir ainsi les soumettre à des conditions de fonctionnement plus avantageuses; mais l'on n'aboutit qu'à un succès très partiel : la vie des lampes ne fut pas prolongée de plus de 10 à 20 pour 100, ce qui correspondait à une augmentation de rendement insignifiante.

On avait reconnu cependant qu'il est possible de faire fonctionner une lampe à fil de tungstène avec un rendement correspondant à la production d'une bougie par 0,2 watt, mais pendant quelques secondes seulement; la température à laquelle il faut porter le fil pour arriver à ce résultat est d'ailleurs voisine de la température de fusion et le rendement dont il s'agit doit être considéré comme l'extrême limite de ce qui est possible pratiquement; même lorsque l'on se contente de températures avec lesquelles le rendement atteint une bougie par 0,5 watt, les ampoules sont soumises à un noircissement rapide; elles deviennent inutilisables au bout de deux ou trois heures; c'est ce noircissement qui est l'obstacle principal à ce que les lampes métalliques soient utilisées avec des rendements lumineux élevés.

Les opinions les plus diverses ont été énoncées quant à l'origine du phénomène; il a semblé que l'on pourrait le diminuer sensiblement et améliorer ainsi le fonctionnement des lampes en augmentant le degré de vide; mais des expériences faites dans cette voie n'ont pas donné de résultat bien appréciable; il se peut, il est vrai, que l'on ne soit pas arrivé à pousser le vide au delà des limites anciennes; dans les lampes de bonne fabrication, le vide couramment obtenu est tel qu'il est pratiquement impossible de le déterminer avec précision; on décida en conséquence de s'attacher directement à l'étude expérimentale du noircissement.

Depuis longtemps on considérait habituellement que le noircissement est dû principalement à la présence de gaz dans l'ampoule; on a donc examiné quantitativement les diverses sources dont peuvent provenir ces gaz : les gaz provenant du filament, des supports et de l'ampoule et les gaz laissés dans celle-ci ont été mesurés et analysés chimiquement et l'on a ensuite procédé à des expériences comparatives sur les effets produits par l'introduction de certaines quantités de chacun d'eux; il a été établi ainsi qu'aucun, à l'exception de la vapeur d'eau, ne peut contribuer à déterminer le noircissement de l'ampoule.

L'action de la vapeur d'eau a alors été étudiée en détail; il a été découvert que cette vapeur attaque le filament, en produisant un oxyde de tungstène volatil, l'hy-

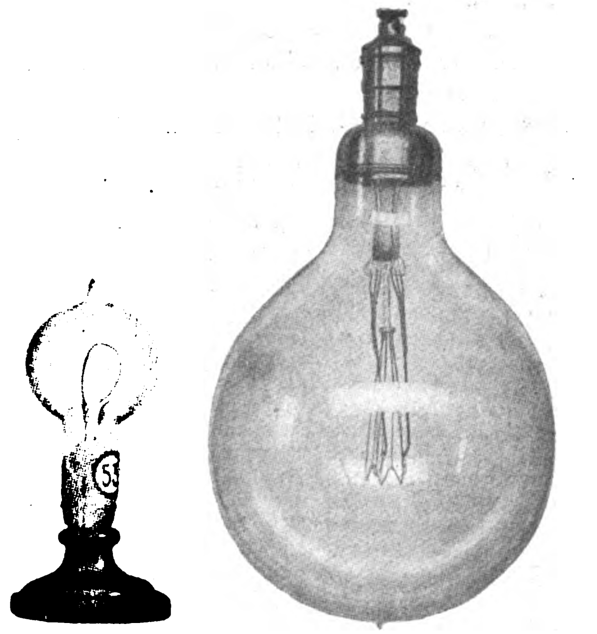


Fig. 1. — Un rapprochement à 34 ans d'intervalle, à droite la lampe à azote de 0.5 watt par bougie; à gauche, spécimen d'une des premières lampes Edison de 4 à 5 watts par bougie (1879).

drogène étant libéré; l'oxyde se condense sur l'ampoule froide, se décompose sous l'action de l'hydrogène libre et abandonne sur le verre un dépôt de tungstène métallique; l'hydrogène et l'oxygène, en s'unissant, reconstituent la vapeur d'eau; celle-ci, en présence du filament chaud, se décompose à nouveau; les phénomènes susindiqués se renouvellent en un cycle ininterrompu; une très faible quantité de vapeur suffit de la sorte pour déterminer une attaque relativement considérable du filament et produire un noircissement désagréable.

Les expérimentateurs se sont occupés ensuite de déterminer quel rapport peut exister entre la quantité de vapeur d'eau présente dans l'ampoule et la rapidité avec laquelle cette dernière se noircit; ils ont reconnu que des pressions de vapeur d'eau ne dépassant pas une valeur correspondant à 0,0001 mm de mercure suffisent pour produire un noircissement très rapide; ils appliquèrent

(1) The Nitrogen filled lamp, *General Electric Review*, octobre 1913, p. 688.

(2) I. Langmuir, Tungsten lamps of high efficiency. — I. Langmuir et J. A. Orange, Nitrogen filled lamps. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, octobre 1913, p. 1893.

alors à la confection des lampes des méthodes capables d'éviter complètement la présence de vapeur d'eau; les lampes préparées de cette manière se noircirent néanmoins.

Le noircissement semblait donc ne pouvoir être attribué qu'à la volatilisation du filament lui-même; pour vérifier cette hypothèse, il fut procédé à une série de mesures ayant pour objet de déterminer la perte de poids subie par les filaments dans le vide, à différentes températures; cette fois les recherches furent concluantes; elles montrèrent d'une façon décisive que le noircissement constaté pour les lampes de bonne fabrication et pour les lampes qui sont soumises à une tension supérieure à la tension pour laquelle elles sont établies est bien dû à la volatilisation; quant au noircissement plus rapide des lampes de fabrication médiocre, il provient essentiellement de l'effet de la vapeur d'eau.

Ces deux points établis, le problème de la réalisation de lampes à haut rendement se simplifiait; il restait à rechercher les moyens de ralentir la volatilisation ou d'empêcher que le métal fût volatilisé puis condensé sur les parois; plusieurs procédés ont été essayés à cette fin; en voici les deux principaux :

1° Introduction de certains gaz inertes, d'azote par exemple, ou de vapeurs mercurielles dans l'ampoule, à la pression atmosphérique;

2° Détermination de courants de convection dans les gaz de l'ampoule, de manière à provoquer le dépôt métallique ailleurs que sur l'ampoule.



Fig. 2. — Lampe à azote de 2000 bougies.

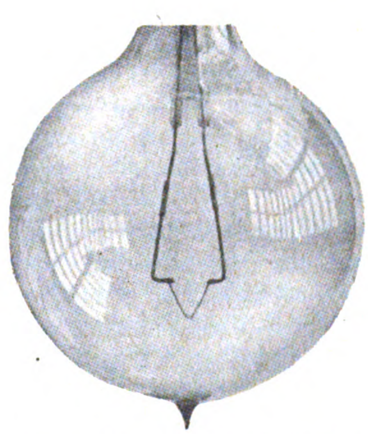


Fig. 3. — Lampe à azote de 1500 bougies.

Ces deux méthodes ont donné des résultats remarquables; elles présentent toutefois l'une et l'autre des particularités.

La présence de gaz à une pression relativement élevée dans l'ampoule implique la production de courants de convection, qui refroidissent le fil et imposent de porter celui-ci à une température plus élevée pour arriver au même rendement. La question se posait de savoir si, malgré cela, il y avait avantage pratique à recourir au système envisagé.

En opérant avec divers gaz, il a pu être reconnu que les pertes calorifiques par convection n'augmentent pas rapidement lorsque la température s'élève; elles sont approximativement proportionnelles à la puissance 3/2 de la température; au contraire les pertes par rayonnement croissent proportionnellement à la 4/7e puissance de la température; aux températures très élevées, les pertes par convection deviennent par conséquent insignifiantes vis-à-vis des secondes; d'autre part, les dites pertes par convection sont très approximativement les mêmes pour un fil de faible diamètre que pour un fil plusieurs fois plus gros; par exemple, il n'y a pas une grande différence entre les pertes qui se produisent à la même température respectivement pour un fil de 0,025 mm et pour un fil de 0,25 mm; avec le premier, on aura un rendement de 1 bougie par 4,8 watts lorsque le second donne 1 bougie par 1,59 watt; il y a donc grand intérêt, à ce point de vue, à employer des fils de grand diamètre; pratiquement, on peut arriver au même résultat en employant une hélice de fil mince à spires très rapprochées et de diamètre aussi grand que le permettent les nécessités mécaniques de la construction; le diamètre de l'hélice est ordinairement limité par le fléchissement que subit le système lorsque la largeur est disproportionnée à la grosseur du fil constituant.

Quoi qu'il en soit, d'excellents rendements peuvent être obtenus au moyen de filaments enroulés en hélice et placés dans une atmosphère d'azote, et ce, sans que la durée de vie tombe au-dessous de la limite ordinaire de 1000 heures; le noircissement est évité: le métal volatilisé se dépose sous forme de précipité brunâtre, à la partie supérieure de l'ampoule, où il ne produit pas d'effet préjudiciable.

Un certain nombre de lampes à azote ont été soumises à des expériences pratiques; les types les plus intéressants sont décrits sommairement ci-après :

Lampes intensives, fonctionnant avec un rendement de 1 bougie par 0,4-0,5 watt; durée de vie, 1000 heures; courant absorbé 20-30 ampères ou plus; montées de préférence sur le courant alternatif, avec des transformateurs réducteurs, donnant une tension appropriée;

Lampes moins puissantes, absorbant 10 ampères au moins, sous des tensions pouvant descendre jusqu'à 4-5 v; durée de vie 1000 heures; rendement de 1 bougie par 0,6, 1 ou 1,25 w; ces lampes conviennent pour l'éclairage public, pour l'éclairage des automobiles (projecteurs), etc., ou en général pour toutes les applications où l'on a besoin d'une source lumineuse possédant une haute brillance intrinsèque et donnant une lumière blanche et stable;

Lampes pour les tensions usuelles (110 volts); ces lampes s'établissent pour des puissances lumineuses de quelques centaines jusqu'à plusieurs milliers de bougies, avec un rendement de 1 bougie par 0,5 watt.

Indépendamment de leur rendement élevé, les lampes à azote présentent quelques avantages particuliers : la température du filament étant très élevée, la lumière est

beaucoup plus blanche que celle des lampes ordinaires et elle se rapproche de celle du jour plus étroitement que toutes les autres lampes existantes, à l'exception de l'arc à courant continu et de la lampe Moore à anhydride carbonique; on peut obtenir des lumières correspondant exactement à la lumière solaire, au moyen de verres spéciaux, moyennant une consommation de 2 watts par bougie, tandis qu'avec la lampe ordinaire, à filament de

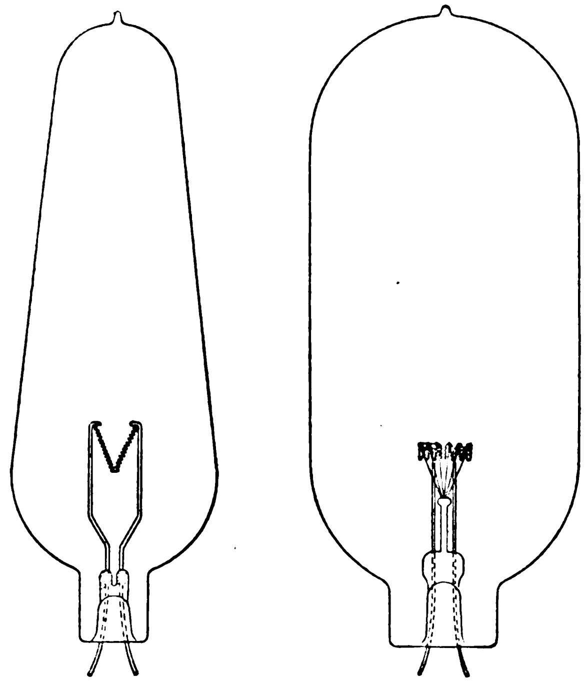


Fig 4. Fig. 5. — Lampe pour 110 v.

Fig. 4 et 5. — Coupes de lampes à azote.

tungstène, la consommation est dans ce cas de 10-12 w par bougie.

La brillance intrinsèque est cinq à dix fois plus grande que pour les lampes à fil de tungstène anciennes, de sorte que les lampes nouvelles conviennent remarquablement pour les projecteurs, phares, etc.; la brillance est un peu moindre que celle de l'arc, mais la stabilité de la lumière, comparativement à la mobilité inévitable du cratère des arcs, compense cette légère infériorité.

La lampe ne se noircissant pas et l'hélice pouvant être conditionnée de telle façon que l'accroissement de la flèche, à mesure que la lampe vieillit, corrige les autres altérations auxquelles le filament est soumis, il est possible de faire en sorte que les lampes à azote conservent leurs caractéristiques lumineuses d'une façon permanente pendant toute leur existence; c'est le bris du filament qui met fin à celle-ci; jusqu'à ce moment, le pouvoir lumineux reste nettement au-dessus de 80 pour 100 de la valeur nominale. H. M.

SYSTÈME D'ARRÊT DES TRAINS A DISTANCE

UTILISANT

UNE DYNAMO D'ÉCLAIRAGE

A l'heure actuelle où tout le monde voyage et s'intéresse aux choses qui touchent à la locomotion et à ses progrès, une catastrophe telle que celle qui vient de se produire ne pouvait manquer d'être l'objet des conversations générales et de faire couler des flots d'encre sur les moyens propres à en éviter le retour.

Il faut bien le dire, tous les auteurs des divers articles qui ont été publiés s'accordent à reconnaître qu'il faut :

1° Supprimer radicalement l'éclairage au gaz sur les trains et adopter l'éclairage électrique, comme le font déjà plusieurs compagnies.

2° Répéter automatiquement dans les trains en marche et sous les yeux des agents les signaux rencontrés.

Notons que dans ce journal même, il y a trois ans, à propos de la catastrophe de Villepreux, nous avions déjà indiqué ces solutions [1].

Nous examinerons aujourd'hui les objections que l'on peut faire à ces deux améliorations et montrer comment on peut utiliser précisément la source d'énergie électrique fournissant l'éclairage du train pour en assurer la protection efficace et réelle.

Tout d'abord pourquoi emploie-t-on encore le gaz comme moyen d'éclairage?

Uniquement parce que certaines compagnies l'ont adopté depuis plusieurs années et se refusent à le remplacer par un système soi-disant plus coûteux. Cependant, tout compte fait, l'éclairage électrique est-il vraiment plus onéreux? — Il est en somme fourni par l'énergie empruntée à la locomotive et se traduit par quelques kilogrammes de charbon brûlés de plus dans le foyer. On sait bien, d'autre part, qu'avec les lampes actuelles à filament métallique l'éclairage électrique devient aussi bon marché que le gaz, qui est le plus souvent du gaz riche qu'il faut comprimer dans des réservoirs.

Reste la difficulté créée par une installation nouvelle et la transformation du matériel, mais la question se pose à peine devant les dangers auxquels les compagnies exposent leurs voyageurs et les indemnités qui leur sont dues en cas d'accident.

Il n'y a donc aucune raison réellement valable en faveur de l'éclairage au gaz. Passons donc aux signaux.

Depuis longtemps la Compagnie du Nord emploie le fameux « crocodile », sorte de plaque de cuivre isolée couchée entre les rails, vissée sur les traverses et sur laquelle frotte un balai fixé à la locomotive (fig. 1). Si le disque est à l'arrêt, un contact manœuvré par le disque lui-même met cette plaque en communication avec une

[1] Voy. l'*Industrie électrique*, n° 444 du 25 juin 1910, p. 267.

batterie de piles. Un train vient-il à passer, le balai de la locomotive capte le courant si le disque est à l'arrêt et l'envoie dans un électro qui déclenche un sifflet, le mécanicien prévenu se rend aussitôt maître de la vitesse de son train.

Quelques objections ont été faites à cet appareil, cependant simple et efficace : On a prétendu que le mécanicien, se reposant sur ce répétiteur, ne surveillerait plus sa voie; nous donnerons plus loin le moyen de réduire à néant

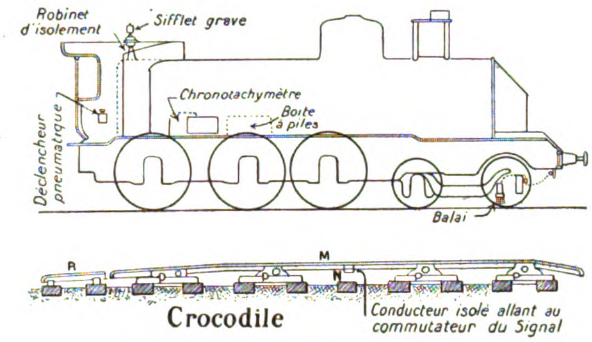


Fig. 1. — Installation d'un répétiteur sur les locomotives.

(La pile portée par la machine est destinée à actionner un relais manœuvrant le sifflet et le déclencheur pneumatique.)

cette objection. Ensuite ce système peut présenter des ratés, en cas de neige ou de verglas ; mais, nous le verrons également par la suite, il est facile d'y remédier.

D'autres inventeurs ont proposé des dispositifs mécaniques permettant d'arrêter les trains à distance (bougie en porcelaine en relation avec la conduite générale des freins brisée au passage par un butoir manœuvré par le signal). A cela les compagnies ont répondu qu'elles ne voulaient pas qu'on arrête leurs trains, étant donnée la brutalité de la manœuvre.

Cependant il faudra bien examiner de près la question, elle en vaut la peine. Les locomotives ont maintenant 15 mètres de long, tandis qu'à l'époque où les signaux ont été posés elles n'en avaient que 10; les vitesses atteignent couramment 100 km : h au lieu de 60 et, il faut bien le dire, les deux hommes chargés de conduire le train sont surmenés.

Qu'on ne l'oublie pas! nos grosses « Pacific » absorbent 1800 kg de charbon à l'heure, soit 180 kg que le chauffeur doit enfourner toutes les *six minutes*. Il ne faut pas moins de 15 mètres cubes d'eau par heure pour alimenter la machine. Cet homme a donc à lui seul une occupation qui ne lui laisse guère de loisirs.

Le mécanicien, lui, doit maintenir la vitesse, car, si son train prend du retard, il paye des amendes ; il doit à la fois surveiller sa machine et la voie. De prime abord, cela semble bien simple et cependant, avec les machines actuelles à gros corps cylindrique et à cheminée très courte, le panache de fumée se rabat fréquemment sur l'abri et gêne la vue. L'homme doit alors se pencher hors de sa machine, et les pieds et les jambes brûlés par le feu dont on ouvre constamment la porte, la figure fouettée par le vent glacial que provoque la marche à 100 km à l'heure, il doit veiller aux signaux, et cela deux heures durant, sans répit. Ceux qui jettent la pierre à cet homme ne se rendent pas compte de ce qu'est sa tâche, et on peut se demander quel serait celui qui n'aurait jamais de défaillance dans ces conditions. Qu'on le veuille ou non, il faudra arriver à faire parvenir directement les signaux à ces agents ; les progrès de la locomotion l'exigent, la sécurité du public le commande.

Il y a déjà plusieurs années nous avions combiné avec l'éclairage des trains un système qui n'a pas la prétention d'être parfait, mais qui serait très réalisable avec les moyens actuels. Ce système est particulièrement simple, nous n'avions pas cru devoir le publier, mais en présence de catastrophes toujours possibles, nous n'hésitons pas à

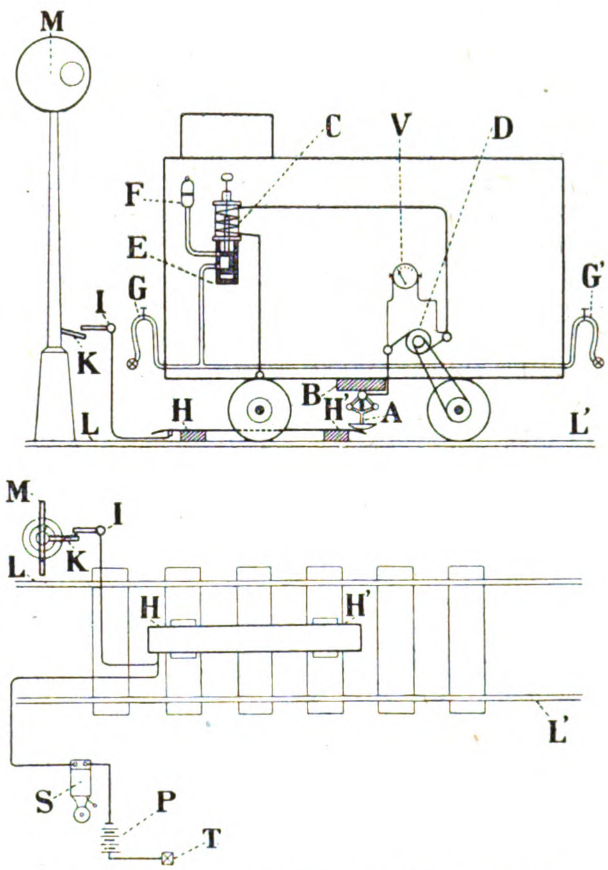


Fig. 2. — Utilisation de la dynamo d'éclairage, pour obtenir la répétition des signaux dans le fourgon.

le livrer à la publicité, trop heureux s'il pouvait éviter le retour de plusieurs autres.

Ce procédé se résume en ceci.

Une dynamo D placée, non sur la machine, mais dans le fourgon (par exemple celle pour l'éclairage du train), a un de ses pôles relié à la masse métallique (châssis et roues) à travers un solénoïde C, l'autre pôle communique avec un frotteur isolé. Le solénoïde C forme servo-moteur, il sert à provoquer l'arrêt du train par l'ouverture de la conduite générale des freins G G'.

On comprend dès lors que si le train vient à passer au-

dessus d'un crocodile HH' mis à la terre par le commutateur K d'un signal à l'arrêt M, le circuit se trouvera fermé et la conduite des freins se videra sous l'action du solénoïde. Pour mieux éveiller l'attention du chef de train, l'air des freins est supposé s'échapper par un sifflet F, qui retentira d'une façon énergique, et la manœuvre ne pourra absolument pas passer inaperçue de l'agent du train. Ce dernier pourra, tandis que les freins se serrent automatiquement, agir sur sa cloche d'alarme qui préviendra le mécanicien.

Ce procédé met en œuvre un signal qui n'est pas sous les yeux du mécanicien, il ne risque donc pas d'émousser l'attention de cet agent, lequel pourra toujours surveiller la voie comme auparavant.

Au contraire, le chef de train, dont les occupations sont nulles ou à peu près une fois le train en marche, sera efficacement averti et pourra prendre les mesures que comporte la situation.

On objectera que ce système oblige les trains à s'arrêter par suite du bloquage des freins, mais tout le monde sera d'accord pour préférer un arrêt intempestif à une catastrophe; de plus, pour répondre aux objections, très fondées du reste, relatives à la brutalité de cet arrêt, il est facile de concevoir un dispositif modérable déclenché par le solénoïde et réglant le freinage d'après la vitesse que possède le train.

Un avantage, et non des moindres, de ce procédé est d'utiliser le courant d'une dynamo et d'obtenir par suite un fonctionnement autrement plus énergique que celui provoqué par des piles tel que l'emploie la Compagnie du Nord ou tel que le montage représenté par la figure 1. Un voltmètre V branché en permanence entre les balais et la masse ou une simple lampe montrera au chef de train que le système est toujours prêt à agir, en sorte que les chances de panne seront nulles ou à peu près et ne pourront guère provenir que du frotteur ou du crocodile. L'expérience des chemins de fer électriques à rail latéral avec prise en dessous comme sur l'État français ([1]) permet de dire que la fermeture du circuit pourra se faire par tous les temps.

Notons que ce système se prête très facilement à la protection automatique d'une bifurcation. Dans ce but il suffira de disposer un crocodile dans le croisement relié électriquement à celui du signal avancé placé à 1800 m de là. Si un train est sur la bifurcation il mettra à la terre le crocodile et bloquera à distance tous les trains qui pourraient venir vers lui. On peut combiner ainsi toute une série d'enclenchements bien plus efficaces que ceux qui utilisent des signaux optiques. Le fait d'employer la masse métallique du train pour le retour du courant paraît à première vue sujet à critique, mais nous pensons que c'est là peut-être la solution la plus simple à adopter pour l'organisation de l'éclairage dans les trains. Après avoir fait des essais nombreux, nos plus importantes maisons d'automobile ont finalement adopté cette façon de monter les lampes sur les voitures et s'en trouvent très bien. Cela simplifie beaucoup l'installation, car il suffit d'un seul câble isolé; les courts-circuits sont rendus plus faciles, dira-t-on, mais l'expérience montre qu'avec de solides câbles armés reliés à des boîtes de raccordement bien faites aucun accident n'est à redouter. N'a-t-on pas du reste l'expérience des secteurs à trois et à cinq fils dont le fil neutre est à la terre, et celui du Métropolitain et du Nord-Sud?

En résumé, il est possible aujourd'hui d'assurer dans des conditions très satisfaisantes l'éclairage et la protection automatique des trains. Nulle question d'intérêt ne nous a guidé dans la description de ce système pour la bonne raison que nous l'avons mis dans le domaine public depuis longtemps et que, dans toutes nos publications, nous n'avons en vue que l'intérêt général. Notre seul but, en le faisant connaître, a été de montrer comment il est possible, à l'heure actuelle, d'épargner des vies humaines en utilisant les moyens dont dispose la technique électrique. A. Soulier.

([1]) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 522 du 25 sept. 1912, p. 432.

SUR

L'EMPLOI DES COURROIES D'ACIER

L'emploi des courroies d'acier se répand dans l'industrie et semble devoir donner de bons résultats ([1]). M. K. Cronkhite cite quelques exemples de ces emplois.

Une courroie d'acier de 0,15 m de largeur et 6 dixièmes de millimètre d'épaisseur peut transmettre 200 chevaux; deux courroies identiques placées sur la même poulie transmettaient 440 chevaux. Une courroie de cuir de 61 cm de largeur qui transmettait 250 chevaux a été remplacée par une courroie d'acier 6 fois moins large, de 10 cm. Ce dernier résultat a été obtenu dans des conditions très favorables, mais on peut cependant admettre qu'à égalité de puissance transmise la courroie de cuir sera 4 fois plus large que la courroie d'acier. On peut encore dans les conditions normales de travail remplacer une courroie de cuir de 45 cm ou 6 câbles de chanvre de manille de 45 mm de diamètre par une courroie d'acier de 10 cm.

Des essais ont prouvé qu'une puissance de 16 chevaux peut être transmise par une courroie d'acier de 10 mm de largeur, 5 dixièmes de millimètre d'épaisseur, marchant à la vitesse de 30 m par minute sous une tension de 200 kg. L'auteur signale qu'on a même atteint la vitesse de 2153 m à la minute avec un glissement de 0,55 pour 100 qui ne pouvait d'ailleurs être mesuré par les méthodes ordinaires.

Dans un petit atelier comprenant un tour, une perceuse, une scie à froid circulaire et une perforatrice automatique

([1]) *American Machinist* et *Revue mécanique*, 30 juin 1913.

marchant tous à plein rendement, la puissance transmise autrefois par une courroie de cuir de 10 cm l'est maintenant par une courroie d'acier de 2 cm de largeur et 7 dixièmes de mm d'épaisseur.

Une application intéressante a été faite dans une buanderie pour la commande du ventilateur sécheur. La courroie d'acier de 5 cm de largeur passe sur une poulie de 20 cm de diamètre tournant à 100 tours par minute et sur une seconde poulie de 25 cm. Elle est soumise à des variations de température de 80 degrés sans en souffrir, alors qu'une courroie de cuir ne résiste pas à l'usage.

On peut conclure de ces essais qu'il faut, pour un même travail, des courroies de cuir deux, trois ou quatre fois plus larges que les courroies d'acier. Celles-ci une fois placées sur les poulies avec une tension initiale notable, ne sont influencées que très peu par les variations de la température ou du degré d'humidité. Leur emploi est très avantageux dans les buanderies, fabriques de vernis, etc., car on peut sans inconvénient laver les courroi s salies par les matières gluantes. Les poulies à employer sont plus étroites ; enfin le prix du premier établissement est moins élevé qu'avec les courroies de cuir.

La pose des courroies d'acier est plus difficile que celle des courroies de cuir ; il est essentiel que les arbres et les poulies soient eux-mêmes bien posés, sans quoi les courroies glissent et quittent les poulies. Au contraire, si les arbres sont bien parallèles et la tension initiale suffisante, la courroie d'acier ne glisse jamais. Elle ne prend en effet pas d'allongement appréciable, car la tension à laquelle elle est soumise est bien inférieure à la limite d'élasticité du métal.

Ces courroies ne peuvent tenir que sur des poulies plates ; d'autre part, il est avantageux de recouvrir la poulie d'une gaine de toile ou de caoutchouc pour augmenter l'adhérence. M. A.

LOCOMOTIVES A COURANT CONTINU 2400 VOLTS

La Compagnie des chemins de fer Anaconda et Pacific vient d'équiper quelques-unes de ses lignes électriquement [1]. Le choix du genre du courant et de la tension ont fait l'objet d'études très approfondies portant sur les conditions locales et sur le service particulier qu'ont à fournir les tracteurs. La longueur de la ligne principale à voie unique modifiée pour la traction électrique est de 48 km ; à cette ligne s'en ajoutent d'autres moins longues desservant de nombreuses installations minières ou usines métallurgiques, de sorte que la longueur totale des lignes équipées électriquement est de 145 km. Les trains remorqués sont le plus souvent des trains de minerai très lourds ; les lignes présentent de fortes rampes. Le tonnage annuel est de 4,5 millions de tonnes. Les trains de minerais comprennent 50 wagons et pèsent environ de 3000 à 3100 tonnes. Leur remorque sur des rampes de 30 pour 1000 exige deux locomotives de trains de marchandises pesant 72,5 tonnes ; la vitesse en rampe est de 21 km à l'heure et de 34 km à l'heure en palier. Les locomotives ne sont employées seules que pour la formation des trains ou pour la livraison de fournitures urgentes. La compagnie possède actuellement 15 de ces locomotives auxquelles viennent s'ajouter deux autres de construction analogue, pour trains de voyageurs, mais de rapports d'engrenages différents. La vitesse des trains de voyageurs en plaine est de 71 km à l'heure ; chaque locomotive de trains de voyageurs remorque journellement 8 trains à trois wagons dans chaque sens.

L'équipement électrique des voies et des locomotives proviennent de la General Electric Company.

Les locomotives sont à quatre essieux moteurs ; chaque essieu est commandé par un moteur au moyen de deux trains d'engrenages attaquant l'essieu aux deux bouts. Le rapport de réduction est de 1 : 4,84 pour les locomotives des trains de marchandises et de 1 : 3,2 pour celles des trains de voyageurs. Le mécanisme comprend deux pignons en acier forgé calés en bouts d'arbre de l'induit du moteur et deux roues dentées calées sur les essieux. Les moteurs à pôles auxiliaires sont établis pour une tension maxima de 1200 volts et une intensité normale de 190 ampères, pouvant être portée à 225 ampères lorsqu'on emploie la ventilation artificielle. Les huit moteurs d'une locomotive double fournissent ensemble 2100 chevaux en marche continue. La caisse de la locomotive, placée sur le châssis, contient à chaque extrémité un siège de conducteur, avec interrupteur général, commande des freins et d'autres organes accessoires de manœuvre. Dans la partie centrale de la caisse sont placés les contacteurs, les contrôleurs de manœuvre, les cages de résistances, ainsi qu'une machine à courant continu 600 volts fournissant le courant aux moteurs des compresseurs et le courant d'excitation des contacteurs et d'éclairage. Les quatre moteurs sont connectés en série-parallèle par les contacteurs. Les locomotives sont pourvues chacune d'un archet, maintenu appuyé contre le fil de canalisation par un dispositif à air comprimé. Le toit de la caisse porte une barre collectrice qui peut être réunie à la barre de la seconde locomotive. Les locomotives des trains de voyageurs sont à deux archets. M. A.

[1] *Electrical World*, 7 juin 1913.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 octobre 1913.

Sur l'effet photo-électrique des composés métalliques, par M. B.-A. Dima. — Dans une Note précédente [1], j'ai signalé le fait suivant : le pouvoir photo-électrique

[1] *Comptes rendus*, t. 156, p. 1366 (séance du 5 mai 1913).

des composés analogues du même métal dépend de la valence du métal dans ces composés ; plus cette valence est grande, plus le pouvoir photo-électrique est petit. En répétant les expériences, mais en utilisant des accumulateurs, pour avoir une source de rayons plus constante, j'ai constaté le même fait avec le bioxyde de molybdène.

La série des oxydes de manganèse MnO, Mn^3O^4, Mn^2O^3 et Mn^2O nous offre un exemple très net. Ces oxydes, exposés à la lumière ultraviolette, dans les mêmes conditions, émettent des charges négatives qui sont exprimées, en unités arbitraires, par les nombres 400, 340, 176 et 37. On voit bien que ces nombres sont dans l'ordre inverse de la valence du métal dans les oxydes.

Dans toutes ces expériences, il faut employer les oxydes anhydres. En effet, les hydrates produisent une émission bien inférieure; je l'ai constaté dans une série d'expériences comparatives faites avec les oxydes anhydres et hydratés suivants : sesquioxydes de bismuth, de fer, d'aluminium, de manganèse, les oxydes de plomb, de cuivre et de cadmium.

Fatigue photo-électrique. — On sait que l'effet photo-électrique diminue, en général, plus ou moins vite, à mesure qu'on fait croître la durée d'exposition. Les causes multiples de ce phénomène ne sont pas très bien connues. On attribue surtout le fait à la présence de l'ozone et des gaz absorbés par la surface du corps exposé à la lumière. Mais on a supposé aussi que l'oxydation du métal pouvait intervenir dans certains cas. Il semble que cette dernière cause puisse s'expliquer par le fait énoncé plus haut. En effet, dans le cas des divers oxydes du même métal, l'oxyde de degré inférieur ayant une tendance plus grande à s'oxyder et l'oxydation correspondant à une augmentation de la valence de l'atome métallique, cet oxyde doit présenter une fatigue plus grande que l'oxyde supérieur.

En examinant des oxydes différents du même métal, j'ai constaté les faits suivants :

Le bioxyde de plomb, exposé pendant 3 heures et demie à la lumière ultraviolette, a émis des charges électriques, qui, exprimées en unités arbitraires, sont représentées par les nombres 97, 99, 102, 96, 101, 104, 97, 95, 95, 104, 97, 102, 100, 102, 103, 102, 101, 100, 101, 99, 102, 101, 101, 105, 104, 95, 101, 100, 99, 103. Étant donnée l'erreur expérimentale qu'on ne peut éviter dans la mesure de la charge (5 pour 100) et la variation de l'énergie électrique entre les bornes de la lampe à mercure (1 pour 100), on peut considérer que le bioxyde de plomb ne présente pas de fatigue appréciable. Le fait avait d'ailleurs été déjà constaté.

Le protoxyde de plomb, au contraire, se fatigue très vite. Au bout de 25 minutes, l'effet a diminué de 60 pour 100. Le bioxyde d'étain ne se fatigue presque pas; au contraire le protoxyde se fatigue très vite, qu'il soit exposé à la lumière ou qu'il soit laissé à l'obscurité.

J'ai obtenu des résultats analogues avec le bioxyde et le protoxyde de manganèse, l'oxyde rouge et l'oxyde noir de mercure.

Les oxydes supérieurs de fer, le sesquioxyde et surtout l'oxyde salin, se fatiguent très peu.

Le bioxyde de molybdène, au bout de 2 heures et demie, a présenté une fatigue de 20 pour 100, tandis que le trioxyde de molybdène a augmenté son émission de 25 pour 100. En même temps, dans les parties qui sont exposées à la lumière, la couleur jaunâtre du trioxyde devient violet pâle [1].

Il semble donc s'être produit une *réduction* sous l'influence de la lumière ultra-violette. D'ailleurs un autre échantillon, après avoir été exposé une seule fois à la lumière et puis laissé 2 heures et demie à l'obscurité, ne présente pas cette augmentation de l'effet photo-électrique.

Influence de l'halogène. — On sait qu'au point de vue chimique, les propriétés du chlorure, du bromure et de l'iodure d'un même métal, quoique semblables, présentent souvent une graduation, de telle sorte que celles du bromure se trouvent intermédiaires entre celles du chlorure et de l'iodure.

Pour voir s'il existe une graduation analogue dans l'effet photo-électrique, j'ai étudié une série de composés halogénés métalliques choisis parmi les plus stables. Les valeurs de l'émission obtenue dans les conditions semblables sont exprimées en unités arbitraires dans le tableau ci-dessous :

	Chlorure.	Bromure.	Iodure.
Potassium	67	320	1200 [2]
Plomb	31	97	3000
Mercure (proto)	13	19	1400
Mercure (deuto)	5	14	230
Argent	200	450	750
Cadmium	60	24	18

On voit que, sauf pour le cadmium, l'effet croit avec le poids atomique de l'halogène et dans tous les cas l'effet produit par le bromure est intermédiaire entre ceux du chlorure et de l'iodure.

Quant à la variation de l'émission avec le temps, j'ai constaté les faits suivants :

Le chlorure de potassium, le bromure et l'iodure de plomb se fatiguent aussi vite à la lumière qu'à l'obscurité [3]. Dans le cas du bromure de potassium, l'effet photo-électrique augmente très vite à la lumière pour diminuer lentement à l'obscurité et revenir, après un long repos, à peu près à la valeur initiale. Avec le bromure et l'iodure d'argent, il se produit le même phénomène, mais l'effet reste toujours supérieur à sa valeur initiale. Dans le cas du chlorure d'argent, l'effet diminue soit à la lumière, soit à l'obscurité, quand il s'agit de petits intervalles; ce n'est qu'après un long repos qu'on observe une augmentation.

Dans le cas de l'iodure rouge de mercure, alternativement exposé à la lumière et laissé à l'obscurité pendant

[1] La couleur du bioxyde est violet foncé.

[2] Tous ces nombres n'ont d'autre valeur que d'indiquer le sens du phénomène.

[3] Les corps ont été, alternativement, exposés à la lumière et laissés à l'obscurité.

3 jours, l'émission a augmenté constamment, surtout à l'obscurité.

Il est probable que, dans les cas où l'effet photo-électrique augmente, il se produit une réduction sous l'influence de la lumière ultra-violette, c'est-à-dire une diminution de la valeur de l'atome métallique. Si cette interprétation est exacte, il est permis de prévoir que l'électromètre servira un jour aux chimistes pour étudier des phénomènes photochimiques trop subtils pour être mis en évidence par les moyens ordinaires.

Séance du 20 octobre 1913.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 27 octobre 1913.

Réfraction et rotation magnétique des composés à fonction acétylénique, par Ch. Moureu, Ch. Muller et Varin. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur l'électrolyse du plomb et du fer dans le sol, par M. Girousse. — Les canalisations d'eau et de gaz et les câbles télégraphiques posés au voisinage des tramways électriques sont fréquemment mis hors d'usage à la suite d'attaques électrolytiques provoquées par les courants vagabonds des tramways. Les enveloppes de fer ou de plomb sont complètement perforées. Dans le but de supprimer ces courants vagabonds, la réglementation actuelle a fixé un maximum pour la *perte de charge* dans les voies qui ne doit pas dépasser 1 volt par kilomètre. La pratique a mis en évidence l'insuffisance de cette règle qui, d'ailleurs, se justifie mal au point de vue théorique.

On peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de fixer un maximum, non pour la perte de charge le long des voies, mais pour la *différence de potentiel entre les masses métalliques susceptibles d'être attaquées et les rails*. En effet, s'il existe une différence de potentiel critique au-dessous de laquelle l'électrolyse ne se produit pas, il suffit d'imposer cette valeur critique comme maximum.

Dans le but d'élucider ce point, nous avons entrepris une série d'expériences qui se sont poursuivies pendant 6 mois au laboratoire de l'École supérieure des Télégraphes et au Poste central télégraphique de Paris.

Les expériences ont porté sur de la terre prélevée, d'une part, au commencement du boulevard des Invalides, loin de toute voie électrique; d'autre part, rue du Temple, en un point où se sont produits des cas très graves d'électrolyse. L'analyse chimique de ces terres a été faite au Service de la vérification du matériel des Postes et des Télégraphes M. Mesnager, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et M. Durier, chimiste au Service de la répression des fraudes, ont également bien voulu nous prêter leur concours pour toutes les recherches chimiques. Ces terres contenaient, en dehors du sable siliceux, une très forte proportion de silicate d'alumine et de carbonate de chaux; elles contenaient, en outre, des quantités appréciables de sulfate de chaux, de chlorure de sodium et de nitrate de chaux. La perte au feu atteignait, au début, 16 pour 100 pour la terre du boulevard des Invalides et 22 pour 100 pour celle de la rue du Temple.

Les électrodes étaient des plaques de fer ou de plomb de 1 mm d'épaisseur et de 1 dm² environ de surface.

Pour déterminer s'il existe une différence de potentiel critique au-dessous de laquelle ne se produit pas d'électrolyse, on avait placé des électrodes contre deux faces verticales opposées d'un certain nombre de cuves de 1 dm³ environ en bois paraffiné, remplies de terre comprimée aussi également que possible. Toutes les électrodes négatives étaient en fer; la moitié des électrodes positives était en plomb et l'autre en fer, elles ont été pesées au début et à la fin des expériences.

Ces diverses cuves ont été soumises d'une manière continuelle pendant plusieurs mois à des différences de potentiel de 0,1 volt, 0,2 volt, etc., jusqu'à 1 volt; des cuves témoins, préparées de la même manière, n'étaient soumises à aucune action électrique; la variation du poids des plaques de ces cuves témoins a permis de tenir compte des actions purement chimiques. On notait tous les jours l'intensité dans chaque cuve. Afin de maintenir la terre dans un état d'humidité constant, on versait tous les jours 20 g d'eau sur chaque cuve, ce qui correspond sensiblement à une chute annuelle de 70 cm d'eau qui est à peu près la moyenne de nos climats. La température du local des expériences a été maintenue aux environs de 16°.

Les expériences ont mis en lumière les faits suivants :

1° *La résistivité de la terre diminue à mesure que l'humidité augmente.* Elle est pratiquement infinie pour la terre absolument sèche; elle peut tomber à 10^3 ohms : cm quand la terre est très fortement mouillée. Dans les essais de longue durée dont il est parlé plus haut, la résistivité de la terre était en moyenne de 600 ohms : cm après trois semaines d'arrosage quotidien, au moment où l'on a appliqué aux cuves des différences de potentiel permanentes; elle était tombée à 2500 ohms : cm en moyenne après plusieurs mois d'arrosage quotidien et d'électrolyse permanente.

2° La résistance entre deux électrodes comprend non seulement la résistance de la terre, mais encore la *résistance des contacts entre terre et électrodes*. Cette résistance est *inversement proportionnelle à la surface*. La nature du métal a une influence considérable; le contact *plomb-terre* est beaucoup plus résistant que le contact *fer-terre* : dans les expériences de longue durée, la quantité d'électricité qui a traversé les cuves fer-fer a été en moyenne onze fois plus considérable que celle qui a traversé les cuves plomb-fer.

3° *La résistivité du sol et la résistance des contacts sont indépendantes des forces électromotrices et des intensités en jeu dans les limites expérimentées* (16 volts et une densité de courant de 0,010 ampère par décimètre carré), du moins tant qu'il ne s'est pas produit d'électrolyse notable.

4° Entre une électrode de plomb et une électrode de fer placées dans la même cuve remplie de terre, on constate à circuit ouvert une *différence de potentiel de 0,15 à 0,02 volt, du plomb vers le fer*. Si l'on applique une force électromotrice aux bornes d'une cuve plomb-

fer, le courant ne circule dans le sens de la force électromotrice qu'autant qu'elle est supérieure à 0,2 volt.

5° *L'électrolyse se produit sur la plaque positive dès que le courant circule; aucune tension critique n'est nécessaire.* L'aspect des plaques et les pesées démontrent ce fait. Les plaques de plomb présentaient des taches grises de nitrate et de carbonate de plomb; les plaques de fer étaient beaucoup plus attaquées, elles étaient complètement détruites par places, et l'on trouvait dans la terre voisine de l'hydrate ferrique avec un peu d'oxyde ferreux (analyses de M. Durier).

6° *Dans chaque série d'expériences, la perte de poids est, aux erreurs près, proportionnelle à la quantité d'électricité qui a traversé la cuve et indépendante de la tension sous laquelle s'est produite l'électrolyse.* La perte de poids par ampère-heure varie avec les séries : les affinités chimiques du sol jouent évidemment un rôle très important. Elle a été en moyenne avec la terre de la rue du Temple de 2,88 g pour le plomb et de 0,89 g pour le fer; avec la terre du boulevard des Invalides, on a obtenu 1,6 g et 1,35 g, mais ces deux chiffres, et surtout le dernier, sont sujets à caution.

Bien que les essais n'aient porté que sur un nombre très restreint de cas particuliers, il est possible d'en tirer les conclusions pratiques suivantes :

1° *L'électrolyse des conduites en fer placées dans le sol au voisinage des voies de tramways électriques peut se produire dès que les conduites sont positives par rapport aux rails; l'électrolyse des câbles sous plomb peut se produire dès que la différence de potentiel entre plomb et rails dépasse + 0,2 volt;*

2° Sous une même différence de potentiel, *le plomb est attaqué beaucoup moins vite que le fer.*

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 6 novembre 1912.

A propos du procès-verbal de la séance de juillet, M. Turpain demande une rectification en ce qui le concerne, relativement à la communication faite à cette séance par M. Abraham.

Machines dynamo-électriques; dispositions nouvelles, par M. R. V. Picou. — On admet généralement ce principe dualiste d'avoir dans une dynamo deux organes dont les fonctions sont bien distinctes : l'inducteur et l'induit, l'un d'eux est ordinairement le stator et l'autre le rotor.

Cela n'est cependant pas une nécessité physique; il suffit que le bobinage de l'induit soit en mouvement dans un champ qui ne coïncide pas avec son champ propre; c'est ainsi, par exemple, qu'un alternateur produisant du courant réactif s'excite sur son propre induit.

Un exemple de machine à *excitation interne* est le suivant (fig. 1) :

Un anneau Gramme à deux collecteurs est entouré d'un anneau de fer; on envoie du courant continu dans un des collecteurs : il se produit un champ magnétique et l'anneau en mouvement donnera une différence de potentiel

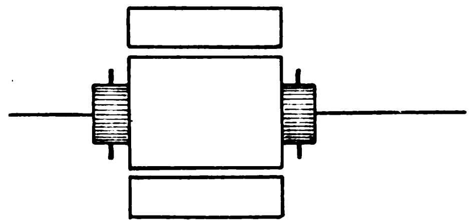


Fig. 1.

entre des balais calés sur le second collecteur à angle droit des premiers. Mais si l'on fait débiter du courant au second collecteur, son enroulement tendra à agir comme inducteur sur l'autre, ce que l'on évitera en plaçant un enroulement compensateur du second enroulement sur l'anneau extérieur. D'autre part la machine peut aisément être rendue auto-excitatrice.

On peut réaliser aussi une machine à *excitation indirecte* : Soit (fig. 1) un induit à collecteur compensé par un bobinage Ryan disposé dans le stator et représenté par le plus grand des trois cercles; en plus des balais

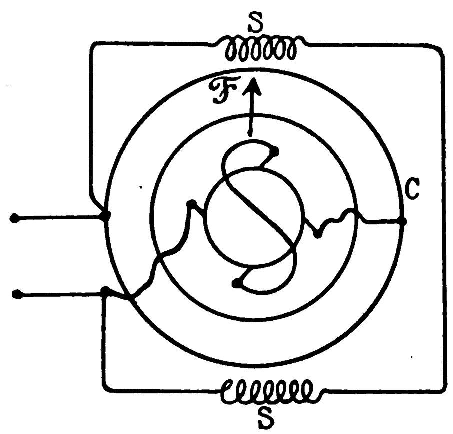


Fig. 2.

normaux, disposons à angle droit deux balais transversaux en court-circuit sur le même collecteur. Si la compensation est un peu surabondante, le flux dû à l'excédent est inducteur par rapport aux balais en court-circuit et il suffit d'un faible champ de surcompensation pour obtenir un fort champ excitateur transversal qui sera utilisé pour la production du courant par les balais principaux et l'enroulement de compensation.

On réalise ainsi une machine-série, que l'on rend shunt ou compound en superposant à l'enroulement de

compensation quelques spires SS en dérivation sur les balais.

Cette machine est à calage de balais fixe et automatiquement compound : on peut y voir la superposition d'une machine et d'une excitatrice agissant par induction.

On peut encore réaliser *l'excitation d'une machine à courant continu par courants alternatifs*.

Soit un induit à courant continu muni, comme celui d'une commutatrice, d'un collecteur et de bagues et un anneau extérieur portant un enroulement de compensation en série avec le côté continu. Injectons par les bagues des courants polyphasés en sens tel que le flux qu'ils produisent soit fixe dans l'espace, et plaçons les balais dans le plan perpendiculaire à celui qu'ils occuperaient dans une commutatrice. La machine amenée au synchronisme est une transformatrice et non une commutatrice, le courant alternatif servant à la production du champ.

Dans une telle machine, on n'a comme dispersion que celle négligeable dans l'intérieur des encoches; la perte par effet Joule est $\Sigma\, RI^2$ et non $R\,(\Sigma I)^2$; l'entrefer peut être très réduit.

Une de ces machines peut être l'excitatrice d'un alternateur qui serait à son tour son excitatrice.

Grâce à M. Labour, M. Gaudet, directeur de *l'Eclairage Electrique*, a bien voulu faire une réalisation avec un bobinage quelconque de rotor et un bobinage stator identique ; avec un entrefer de 0,6 mm, on a une tenue des balais parfaite. Il suffit de décaler le stator par rapport au rotor pour créer un compoundage.

Cette machine permet le compoundage immédiat d'un alternateur en renforçant l'excitation par transformateur de compoundage (Boucherot).

La remarque suivante est intéressante : on a été conduit dans ces dernières années à augmenter les chutes de tension des alternateurs à cause des effets désastreux des courts-circuits; les chutes de 12 pour 100 en courant actif ne sont pas rares. Le compoundage permet d'avoir une chute négligeable dans les limites normales d'emploi tout en ayant un courant acceptable en cas de court-circuit.

MM. Brunswick et Sciama ont réalisé sur ce principe une excitatrice d'alternateur qui fonctionne depuis mai 1913 aux ateliers de Douai.

On peut faire ces excitatrices avec un nombre de pôles réduit, ce qui est précieux pour les alternateurs très multipolaires. M. Picou croit que l'application la plus importante de ces machines est celle que l'on peut faire à *l'excitation des machines à courant continu à très gros débit*, dans lesquelles le rapport

$$\frac{\text{Intensité en ampères}}{\text{Tension en volts}} = 50 \text{ à } 100.$$

Les déboires que procurent ces machines résultent de ce qu'il faut les faire assez multipolaires (10 à 14 pôles) et qu'il est difficile d'avoir des champs magnétiques égaux : les résistances de ces induits étant très faibles, il en résulte des courants de circulation énormes sous l'effet des différences du flux. Le fonctionnement de ces machines est souvent instable, on observe des déréglages après 10 à 12 jours de bon fonctionnement.

L'emploi des connexions équipotentielles ne permet pas une correction complète ; l'emploi des balais transversaux la permettrait, mais présente ce désavantage pratique d'augmenter encore le nombre des balais déjà si important.

Avec *l'excitation interne par courants alternatifs*, les flux resteront égaux si les circuits sont en parallèle, même si les réluctances sont différentes. La maison Breguet a appliqué cette disposition à une machine de 7 volts, 1000 ampères.

La présence d'une excitatrice, constituée par un petit alternateur, générateur de courant déphasé, est peu gênante, surtout si on la place en dedans du palier de la machine principale; on peut alors supprimer bagues et balais et cacher la petite excitatrice sous la calotte de la machine.

Commutatrices. — Il est presque classique d'admettre qu'une commutatrice n'a pas de réaction d'induit, ce qui est inexact.

Si le nombre de bagues est très grand, on a du côté

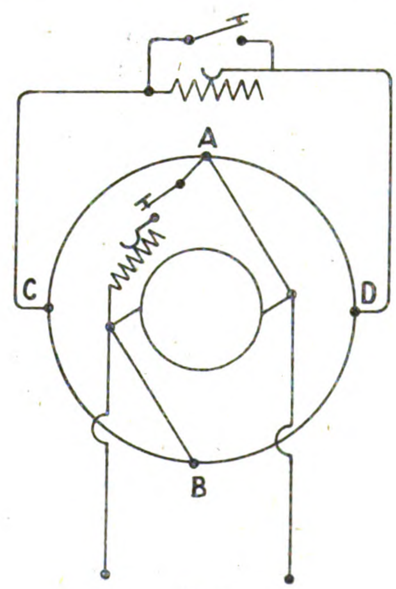


Fig. 3.

alternatif un flux de réaction sinusoïdal et du côté continu un flux de réaction triangulaire dont la pointe atteint $\frac{4}{\pi}$ de l'ordonnée maxima de la sinusoïde.

Néanmoins, les différences localisées ne sont pas très grandes dans ce cas idéal ; mais dans les machines réelles, on a de grandes inégalités dans les forces magnéto-motrices locales; on a des parties où le flux est positif, d'autres où il est négatif, et le tout varie dans le temps et dans l'espace. Ce qui importe est la grandeur de cette force magnéto-motrice sur le plan de commutation ; or,

si on la compare à ce qu'elle serait dans une machine à courant continu, on trouve 0 à 0,29 pour une commutatrice tétraphasée, et 0,11 à 0,25 pour une triphasée.

On remédie à cela par les circuits amortisseurs ; on peut faire mieux :

On dispose (fig. 5) sur le stator un bobinage réparti servant d'amortisseur et d'excitateur, le courant principal entrant en A et sortant en B. Sur ce bobinage polygonal fermé, on réunit par un court-circuit les points C et D.

La totalité du fil sert ainsi à l'excitation et à l'amortisseur, et l'on peut démarrer la commutatrice comme un moteur asynchrone à rotor tétraphasé avec rhéostats entre C et D d'une part et entre A et B d'autre part après avoir toutefois isolé ou relevé les balais. On comprend qu'en alimentant en alternatif l'induit par les bagues la machine puisse démarrer. Cette manœuvre peut du reste se faire au moyen d'un combinateur.

La maison Bréguet a établi une commutatrice de ce type de 100 kilowatts, 140 volts côté continu, fréquence 50 périodes par seconde, 6 phases. Cette commutatrice fonctionne à la sous-station du 185, faubourg Saint-Denis, de la *Société d'éclairage et de force par l'électricité*, où il fallait obtenir 120 volts côté continu avec la fréquence 42 et alimentation en tétraphasé. On a établi un transformateur avec montage Scott; puis on a réduit le courant de démarrage intense avec trois bobines de selfs qui permettent un certain réglage, et cette commutatrice a pu être mise en parallèle avec les panchahuteurs Leblanc.

La téléphonie sous-marine, par M. Devaux-Charbonnel. — Le problème de la téléphonie sous-marine est connu et résolu; mais on peut faire des câbles téléphoniques sous-marins beaucoup plus longs que ceux actuels; le plus long câble actuel, entre l'Angleterre et la Belgique, a une longueur de 90 km.

Quel doit être l'isolant du câble?

La gutta-percha a l'inconvénient de présenter un grand pouvoir inducteur spécifique qui gêne la transmission de la parole.

Le papier doit être conservé sec; il demande une enveloppe de plomb toujours étanche et se trouve perdu au moindre accident. Le papier imprégné ne risque qu'un peu moins et a un fort pouvoir inducteur.

La gutta doit donc être choisie pour sa robustesse.

Les câbles à plusieurs conducteurs sont dissymétriques, ce qui nécessite des bourrages avec des substances inutiles, d'où un poids considérable et des tensions trop élevées pour les câbles posés lorsqu'on rencontre de grands fonds. Il faut donc se résoudre au fil unique avec retour par la terre, lequel peut donner des parasites que l'on évite, comme en télégraphie, en prenant terre à 5 ou 6 kilomètres en mer.

Il est avantageux de raccorder les lignes sous-marines aux lignes terrestres par transformateurs; on peut, en effet, calculer le transformateur de façon à éviter la réflexion.

Dans le conducteur unique, l'effet Kelvin est insensible, mais l'induction sur les conducteurs voisins donne une augmentation de résistance effective due à la dissipation d'énergie dans ces conducteurs : des essais faits dans le Pas de Calais ont donné pour cette majoration 25 pour 100.

Il faut augmenter la self-induction, mais cela amène malheureusement une certaine résistance. En posant

$$H=\frac{R}{L},$$

rapport de la résistance à la self, on obtient $H=50$ avec le procédé Pupin, et $H=110$ avec le procédé Krarup, ce qui est une infériorité pour ce dernier (dans lequel on entoure le conducteur avec un petit fil de fer).

M. Cahen a donné pour l'affaiblissement minimum β_m la formule :

$$\beta_m=\sqrt{\rho\cdot\gamma\cdot\left(H+\frac{\sigma}{\gamma}\right)}\cdot$$

ou :

ρ, est la résistance;

γ, la capacité;

σ, la perte.

On voit que le coefficient d'affaiblissement ne contient pas la self-induction.

La self maxima λ_m à donner est

$$\lambda_m=\frac{\rho}{H+\frac{\sigma}{\gamma}}\cdot$$

La perte σ n'est pas la même en alternatif qu'en continu : on a par kilomètre plusieurs milliers de mégohms en continu et seulement quelques cent mille ohms en alternatif.

Le quotient $\frac{\sigma}{\gamma}$ a les valeurs approximatives suivantes :

Gutta	120
Papier très sec	25
Cable papier usagé	125
Ligne aérienne	180

Donc, la gutta est la meilleure en ce qui concerne la perte seule; mais la gutta introduit en β_m une valeur très grande de γ. Cependant, on a pu faire de la gutta ayant une perte 10 fois plus petite et l'on a ainsi un isolant acceptable.

La résistance ρ doit être faible. On ne peut guère dépasser néanmoins un diamètre de cuivre de 5 millimètres; on a pratiquement:

$$\rho=\text{environ } 2 \text{ ohms},$$
$$\lambda=0{,}20 \text{ microfarad}.$$

On trouve ainsi pour β_m:

Gutta ordinaire :		
Pupin	$\beta_m = 6.70 . 10^{-3}$	par kilomètre.
Krarup	$7.60 . 10^{-3}$	—
Gutta perfectionnée :		
Pupin	$4.25 . 10^{-3}$	—
Krarup	$5.55 . 10^{-3}$	—

Le désavantage du procédé Krarup n'est donc pas très marqué.

On sait d'autre part que le coefficient d'affaiblissement total affecte comme suit les communications téléphoniques :

Pour la valeur 2,5 : communication très bonne;
— 3,5 : commuication encore bonne;
— 4 à 4,5 : communication impraticable.

En accordant au câble téléphonique sous-marin seul la valeur 2,5, on peut donc faire :

Avec le procédé Krarup . . . . 450 km
Avec le procédé Pupin. . . . . 600 —

Il sera sans doute d'ailleurs possible de faire des bobines Pupin plus perfectionnées et d'employer dans le procédé Krarup des métaux plus perméables et présentant moins de pertes. P. G.

REVUE DE LA PRESSE

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Lampe à incandescence parlante. — On peut arriver à « faire parler » une lampe à incandescence, ainsi que nous l'avons déjà signalé, en la faisant parcourir par des courants microphoniques. On explique le fait en disant que les variations de courant font varier la température du filament et par suite du verre de l'ampoule, qui enfin met l'air environnant en vibration. Cette explication permet de comprendre que les lampes à verre fin et à gros filament donnent les meilleurs résultats, par suite des plus fortes variations de température. Les lampes de 32 et 16 bougies n'ont donné aucun résultat, tandis que les essais réussirent fort bien avec une lampe de 100 bougies.

Voici le montage employé dans ce cas. On avait employé un microphone à courant fort branché en série avec une batterie d'accumulateurs de 5 éléments, aux bornes d'un transformateur.

Le rapport de transformation était de 300/5300 et rapport des résistances de 1/200. L'un des pôles du secondaire était branché directement à la lampe, l'autre au travers d'un condensateur de 2 microfarads. La lampe était alimentée par du courant continu.

Une bobine de self était placée sur la ligne d'alimentation de la lampe pour arrêter les courants téléphoniques.

La tension était de 120 volts. Quand on parlait dans le microphone on pouvait entendre la conversation à proximité de la lampe. (*E. T. Z.*, n° 12, 1913, p. 329.) F. H.

INSTALLATIONS

Observations sur les réseaux aériens à haute tension. — On compte d'habitude sur un cos $\varphi = 0,80$ dans les centrales triphasées. Pour les centrales interrurales on prenait un déphasage plus fort. Ainsi on avait prévu pour la centrale de Belgard, qui a un développement de 1000 km de lignes aériennes, un cos $\varphi = 0,7$. Le réseau aérien fut étendu de 830 km à 15000 volts et de 120 km à 43000 volts. On constata que le cos φ le plus faible était égal à 0,8. Dans la plupart des centrales de ce genre le cos φ est égal à 0,9, dans certaines à 1.

On remarque, en général, que le cos φ augmente avec la charge pour décroître à un moment donné.

On attribue ceci à la capacité. M. Plenius a mesuré le courant passant à la terre quand un des conducteurs était mis à la terre. Les essais furent faits avec diverses tensions croissantes par rapport à la terre. La tension du réseau était de 15000 volts, celle maximum par rapport à la terre de 9000.

Les valeurs trouvées croissent proportionnellement avec la tension. Le dernier essai se fit avec 1800 km de lignes, le courant de terre était de 78 ampères. F. H.

MAGNÉTISME

Les courbes magnétiques des machines à courant continu. — Charles-René Moore vient de donner les bases théoriques pour la prédétermination des courbes magnétiques d'une machine à courant continu en particulier en charge.

Moore a développé un procédé de calcul déjà donné par

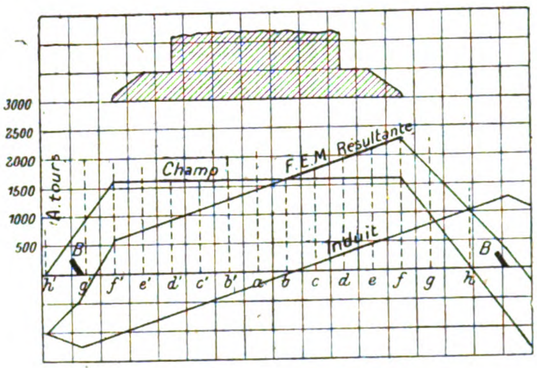
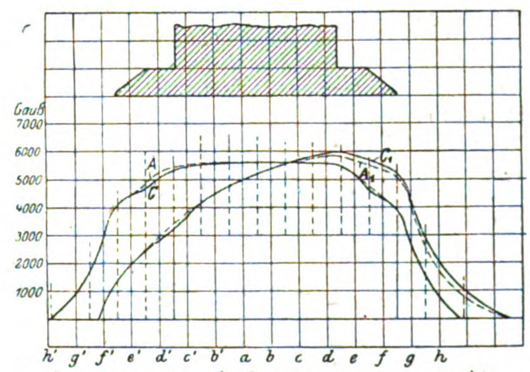


Fig. 1. Répartition de la F. E. M. à la périphérie de l'induit

Goldsborough. On prend des points opposés et à des distances égales, sur la périphérie de l'induit, des pièces polaires. Pour chaque point d'induit on forme la somme des valeurs réciproques des distances à tous les points des pièces polaires. La valeur ainsi obtenue est une base de comparaison pour la



A et A₁ mesures } Courbes du champ à vide
C et C₁ calculées } et en charge

Fig. 2

conductivité magnétique de l'entrefer au point considéré. Si on connaît la force magnéto-motrice à cet endroit et si on tient compte de la réluctance magnétique des dents de l'induit, on peut obtenir la valeur de l'induction dans l'entrefer.

Les hypothèses que l'on peut faire sur la répartition de la force magnéto-motrice sur la périphérie de l'induit se déduisent de la figure 1.

Pour les recherches, l'auteur disposait d'une machine à courant continu à quatre pôles d'une puissance de 7,5 kw tournant à 1800 tours. L'entrefer était de 3,17 mm. Sur la surface extérieure de l'induit, l'on avait placé une bobine d'épreuve dont les deux côtés actifs étaient situés aux extrémités d'un même diamètre. Elle était reliée à deux bagues qui correspondaient à un oscillographe à 3 bobines dont les deux balais libres étaient en communication, par l'intermédiaire d'un contact, avec l'arbre et les balais de la machine à étudier, pour déterminer la position des lignes neutres et introduire la position des balais dans les oscillogrammes.

Les courbes ainsi relevées correspondent très bien avec les courbes calculées. Les courbes mesurées ont beaucoup d'irrégularités que Moore attribue aux variations de la conductibilité magnétique (à cause de la variation du nombre de dents sous la pièce polaire). Il conclut des résultats obtenus que la courbe d'induction pour chaque charge, la position des balais et le champ de réaction se laissent déterminer avec une grande exactitude par sa méthode. De même il conclut que la position des balais n'a pas d'influence sensible sur la courbe d'induction tant que le décalage n'est pas trop grand.

Pour obtenir ces courbes magnétiques d'un induit, il place une bobine d'épreuve dans deux encoches diamétralement opposées. Cette bobine est reliée à un galvanomètre balistique, qui dévie sous l'influence d'un courant envoyé au travers de l'arbre de l'induit. (*Proc. Am. Inst. El. Eng.*, n° 31, 1912, p. 197.) F. H.

Calcul des électro-aimants à courant continu. — Frantz Kraus donne une méthode élémentaire pour le calcul des électro-aimants à courant continu, il montre ensuite par différents exemples les applications diverses de sa méthode.

Le travail rendu par un électro-aimant est donné par la formule

$$A = \frac{1}{20} INS\,(\mathcal{B}_{max} - \mathcal{B}_{min})\ \text{ergs}$$
$$= \frac{1}{20} INS\,\Delta\,\mathcal{B}\ \text{ergs.}$$

Si l'on prend du fer forgé $\Delta\mathcal{B} = 15000$ et des valeurs $IN = 1000$, $S = 1$ cm², $A = 0{,}765$ cm-kg. Cette valeur permet de calculer le diamètre du noyau pour une induction et un nombre donnés d'ampères-tours. La forme du pôle détermine la courbe de la force d'attraction en fonction de la position de l'armature. Dans le cas le plus simple où les pièces polaires sont constituées par deux pièces perpendiculaires à la direction du mouvement, la force d'attraction est égale à une constante divisée par x, distance des pôles.

Comme d'autre part la force d'attraction minimum ne doit pas descendre en dessous d'une valeur donnée, on obtient une mauvaise utilisation. Elle devient maximum quand $\frac{\delta A}{dx} =$ constante, d'où $\Phi - \Phi\ \text{min} = \text{constante} \times x$.

La réalisation pratique de cette condition peut se faire en employant un corps cylindrique creux, mais alors on obtient des bobines d'un plus grand diamètre. A cause de cela, on construit le plus souvent les noyaux avec des pôles coniques, alors la force d'attraction croît légèrement quand la distance des pôles diminue. Un angle de 0 ou 2 π réalise les deux cas précédents. Ceci est vrai quand on néglige l'influence du fer. Avec une saturation croissante la force d'attraction diminue. Les formules précédentes n'ont pas tenu compte de la dispersion. (*Elektrotechnik u. Maschb.*, N° 30, 1912, p. 860.) F. H.

MOTEURS THERMIQUES

Brûleur Wefer pour gaz de four à coke ou de haut-fourneau. — Le numéro du *Glückauf* du 18 mai contient une intéressante description d'une application de ce brûleur au chauffage d'une chaudière à foyers intérieurs. Ce brûleur se compose de 25 tubes en fer dont les extrémités viennent se loger dans des conduits cylindriques percés dans un bloc de graphite réfractaire. C'est ce bloc réfractaire qui constitue la particularité de ce brûleur. Dans l'application faite à la mine Victor, les gaz brûlés ont un pouvoir calorifique moyen de 4120 calories par mètre cube à 27 degrés. Les 71 centièmes de la chaleur sont employés à produire de la vapeur saturée à 11,5 kg par centimètre carré; 8,2 centièmes sont employés à la surchauffer à 311° C et enfin les pertes sont de 21,8 centièmes. Un mètre cube de gaz fournit environ 4,59 kg de vapeur.

La quantité d'air nécessaire pour la combustion complète est environ 1,71 fois la quantité nécessaire théoriquement. Les fumées ne renferment pas d'oxyde de carbone et titrent 5,87 pour 100 de gaz carbonique et 9,4 pour 100 d'oxygène. M. A.

Grille à barreaux creux et refroidis par circulation d'eau. — La question du refroidissement des grilles par l'emploi de barreaux creux à circulation d'eau froide vient d'être traitée par l'ingénieur M. Driekreve qui donne quelques renseignements sur les essais faits sur des grilles de ce genre, construites par les Deutsche Prometheus Hohlrost-Werke de Hanovre. Ces essais auraient été si concluants que l'auteur pense qu'on en viendra à l'emploi exclusif de ces grilles tant sur les chaudières terrestres que sur les marines. La principale supériorité des barreaux creux sur les barreaux pleins est la résistance très grande qu'ils opposent à l'attaque par le combustible aux hautes températures. Avec les barreaux pleins, la circulation de l'air entre les barreaux n'est pas suffisante pour les refroidir au-dessous de la température à laquelle le métal est attaqué par le combustible. Il se forme des mâchefers qui obstruent les intervalles entre barreaux et accélèrent leur attaque en diminuant encore l'accès de l'air. D'où la nécessité de décrasser la grille à intervalles réguliers et d'enlever les mâchefers. La combustion se fait dans de mauvaises conditions pendant la durée du décrassage par suite de l'excès d'air froid au-dessous de la grille qui provoque la formation de suies et de fumées.

Ce fait explique pourquoi les grilles résistent mieux à l'emploi des combustibles inférieurs qui exigent qu'une grande quantité d'air traverse la grille, qu'aux bons combustibles.

Les grilles à barreaux creux refroidis permettraient d'éviter les décrassages et de brûler, toutes choses étant égales par ailleurs, de 30 à 40 pour 100 de combustible de plus que les grilles à barreaux pleins. (*Z. d. V. D. I.*, 5 avril 1913.)

STATIONS CENTRALES

Utilisation de la chaleur perdue dans les usines à gaz. — Des expériences intéressantes concernant l'utilisation des gaz d'échappement des fours des usines à gaz ont été faites à l'usine de Stuttgart.

Une chaudière à basse pression de 16 mètres carrés de surface de chauffe placée après un four à cornues a produit de 10 à 12 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure; la température des gaz d'échappement est abaissée de 527 ou 580° C à 165 ou 198° C. Les sections de la chaudière étaient déterminées de telle sorte que la marche du four et son tirage ne soient pas influencés par la présence de la chaudière.

Krauss calcule que l'établissement de telles chaudières derrière tous les fours à cornues et que l'utilisation de la chaleur des voûtes au réchauffage de l'eau d'alimentation permettraient d'obtenir toute la vapeur à basse pression néces-

saire à la fabrication de l'ammoniaque et au chauffage. Un excédent de vapeur resterait même disponible pour la production de force motrice dans des turbines à basse pression. Seule la vapeur nécessaire à la marche des aspirateurs de gaz et aux laveurs doit être produite à haute pression. La durée des essais à Stuttgart fut de près d'une année sans qu'il y eût à signaler aucun accident ni dérangement. (*Journ. für Gasbel. u. Wasserversorgung*, 21 juin 1913.) M. A.

L'alimentation en l'énergie électrique de l'État de New-York. — D'après une statistique de A.-H. Perkins, la puissance totale des centrales de l'État de New-York est de 4 millions de chevaux, cette puissance peut être estimée à 5 millions de chevaux pour 1915 et à 7,2 millions en 1920.

Le tableau suivant donne les puissances encore à utiliser de différentes chutes :

Nom des chutes.	Puissance de la centrale en chevaux.
Niagara	380 000
Saint-Laurence	461 000
Canal	105 000
Genesce	115 000
Salmon	35 000
Black	30 000
Raquette	150 000
Oswegatchie	20 000
Hudson	373 000
Total	1 669 000

Soit environ 1 700 000 chevaux que l'on pourra retirer des chutes d'eau. L'État compte reprendre un certain nombre de ces chutes, le prix de vente sera plus faible que celui des compagnies privées. De cette façon les consommateurs feront une économie de 79 millions de francs.

Pour montrer la sûreté de fonctionnement d'une grande installation de ce genre, il suffit de se reporter au transport à grande distance d'Ontario, qui a une longueur de ligne de 480 km et alimente 30 villes et plus de 100 grands consommateurs d'énergie électrique. Dans les deux dernières années il n'y eut que quelques dérangements d'une durée totale de 30 secondes. La situation financière est bonne, quoique l'énergie électrique soit vendue moins chère qu'à New-York. D'autre part la clientèle est plus nombreuse, ainsi à Ottawa 99 pour 100 des maisons sont éclairées à l'électricité, tandis qu'à New-York il n'y en a que 35 pour 100. A Ontario, les petites habitations paient environ 5 francs par mois, une installation de 30 lampes consomme environ pour 10,50 fr par mois; à New-York, ces prix seraient doublés.

Le tarif pour la puissance est de 118 francs par cheval-an à Ottawa, de 97 francs à Toronto, alors qu'à Albany le cheval-an, avec huit heures par jour, revient à 237 fr. (*El. World*, n° 61, 1913.) F. H.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Station de T. S. F. d'Arlington. — L'antenne a une capacité de 0,01 microfarad, une inductance de 0,123 millihenry et une résistance de 2 ohms. L'antenne a été isolée avec de grandes précautions.

La fréquence est de 1000 périodes à la seconde, l'énergie rayonnée est de 72 kw, la longueur d'onde de 3800 m le décrément logarithmique d'une période complète est de 0,031. On a réalisé une économie de place ainsi qu'une augmentation de puissance en employant des condensateurs à air comprimé. La capacité totale des condensateurs est de 0,126 microfarad.

Pour la réception on utilise le barretter Fessenden et le détecteur à cristaux.

L'on a fait des essais de portée entre la station et le croiseur *Salem*, qui se rendait en Europe. Le poste de ce navire était identique à celui de la station d'Arlington, mais sa puissance n'était que de 10 kw.

A une distance de 400 km le courant reçu à Arlington était de 7 microampères, celui du Salem de 35 microampères.

Les signaux reçus à Arlington étaient 1200 fois plus forts que les plus faibles que l'on puisse recevoir. A 1700 km les communications se faisaient encore très bien, l'intensité de réception était à bord du *Salem* 500 fois plus forte que celle de limite minimum; à la station, les signaux étaient encore 20 fois plus forts.

Le croiseur put enregistrer les signaux jusqu'à 3800 km de la station terrestre, qui, elle reçut, les derniers télégrammes à 2600 km. F. H.

Règle à calcul pour la T.S.F. — La maison Dennert et Pape, d'Altona, vient de mettre une nouvelle règle à calcul sur le marché. Cette règle a été établie d'après les données de la Société de T. S. F. de Berlin, elle permet d'exécuter rapidement les calculs courants de T. S. F.

A la règle ordinaire on a ajouté 3 échelles, la première est logarithmique et va de la division 6,28 (2π) à 62,8.

Les deux autres échelles, calculées spécialement, se trouvent dans la rainure sous la réglette mobile.

1. Calcul de la longueur d'onde.

D'après la formule de Thomson, l'on a

$$\lambda = 2\pi\sqrt{CL};$$

λ, longueur d'onde en cm ;

L, coefficient de self en cm (unités électromagnétiques) ;

C, capacité en cm (unités électrostatiques).

On fait le produit LC sur la règle, on place le curseur qui donne le résultat sur l'échelle inférieure (2π).

2. Le calcul de l'amortissement se fait d'après la formule de Bjerknes.

$$\delta = \frac{\pi}{2}\,\frac{C_1 - C_2}{C_r}$$

δ, facteur d'amortissement ;

C_r, capacité de l'ondemètre à la résonance ;

$C_1\,C_2$, capacité de l'ondemètre pour les demi-élongations de l'indicateur de courant.

On emploie l'échelle ordinaire avec la notation $\frac{\pi}{2}$.

3. On peut déterminer la résistance du circuit oscillant par l'amortissement, alors on a :

$$R = \frac{\delta\,.\,\lambda}{C}\cdot 150;$$

R, résistance, en ohms, du circuit oscillant ;

δ, décrément d'amortissement ;

λ, longueur d'onde en mètres ;

C, capacité en cm.

Le calcul se fait en deux lectures en utilisant les deux échelles inférieures.

Si l'on veut mesurer la résistance du circuit oscillant en y introduisant une résistance non inductive de grandeur telle que le courant baisse d'une quantité donnée, on emploie la formule

$$R_0 = \frac{I_m^2}{I_0 - I_m^2} R_m;$$

R_0, résistance cherchée ;

R_m, résistance non inductive ;

I_0, le courant avant l'introduction de la résistance ;

I_m, le courant après l'introduction de la résistance.

Le résultat s'obtient en deux lectures avec la règle. (*E.T.Z*, 20 mars 1913.) F. H.

Réceptions des signaux horaires de T. S. F. — La Société allemande de T. S. F. construit un appareil spécial pour la réception des signaux horaires de la tour Eiffel et de la station Norddeich. A la partie supérieure du couvercle carré de l'appareil se trouvent les bornes pour l'antenne et la terre, ainsi qu'un contact à fiches pour le détecteur et le téléphone. Le téléphone est suspendu à un levier mobile, en accrochant l'appareil, la bobine de réception est court-circuitée et l'antenne est reliée à la terre. De cette façon l'appareil ne peut être détérioré par des décharges atmosphériques. Quand le montage est terminé, l'appareil est plombé. L'antenne est établie suivant les conditions locales et d'après la distance et l'importance de la station émettrice. Pour recevoir les signaux, il suffit de décrocher le téléphone et d'écouter à l'appareil. (*E. T. Z.*, 3 juillet 1913.) F. H.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

450 921. — **Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris et Della Riccia.** — *Dispositif de relais électro-magnétique* (29 janvier 1912).

450 934. — **Allgemeine Elektricitäts Ges.** — *Ampère-heure-mètre pour courant continu* (22 novembre 1912).

450 935. — **Société Sprecher et Shuh A. G.** — *Relais électrique à action différée* (22 novembre 1912).

451 017. — **Harrison.** — *Perfectionnements dans les potences en métal forgé pour poteaux* (26 novembre 1912).

451 034. — **Randall et Cook.** — *Perfectionnements apportés aux machines pour recouvrir les conducteurs électriques d'une matière isolante* (26 novembre 1912).

450 855. — **Pech.** — *Lampe à incandescence dans le vide* (11 octobre 1912).

450 899. — **Etablissements H. Gruyelle.** — *Douille pour lampes à incandescence* (21 novembre 1912).

16 737/435 205. — **Rodrigues Gauthier et Cie.** — *Support de lampe électrique* (12 novembre 1912).

452 359. — **Grissinger.** — *Répétiteur ou relais téléphonique* (18 avril 1912).

452 366. — **Société Le Matériel Téléphonique.** — *Perfectionnements dans les télégraphes imprimeurs* (23 octobre 1912).

452 368. — **Société Le Matériel Téléphonique.** — *Système de réseau téléphonique.*

452 415. — **Société Vickers Limited.** — *Perfectionnements aux appareils électriques servant à transmettre et à recevoir des signes* (26 décembre 1912).

452 467. — **Duroquier.** — *Sélecteur appareil d'accord et de réglage pour circuits de réception de télégraphie et de téléphonie sans fil* (28 décembre 1912).

452 530. — **Dannenberg.** — *Enveloppe préservatrice pour récepteurs ou transmetteurs téléphoniques* (30 décembre 1912).

452 542. — **Société Automatic Electric C°.** — *Système téléphonique à code d'appel.*

452 540. — **Société Automatic Electric C°.** — *Système téléphonique automatique ou semi-automatique* (7 septembre 1912).

169 60/431 764. — **Le Matériel Téléphonique.** — *Système de signaux et de sélecteurs pour lignes partagées.*

169 61/431 764. — **Le Matériel Téléphonique.** — *Système de signaux et de sélecteurs pour lignes partagées.*

169 68/452 366. — **Le Matériel Téléphonique.** — *Perfectionnements dans les télégraphes imprimeurs.*

452 350. — **Société A. G. Brown Boveri C°.** — *Régulateur automatique des moteurs à répulsion* (24 décembre 1912).

452 360. — **Déri.** — *Dispositif de commutation pour dynamos* (18 juin 1912).

452 362. — **Morrisson.** — *Installation de force motrice pour automobiles et autres applications* (27 septembre 1912).

452 376. — **Firme Robert Bosch.** — *Dispositif pour la régulation automatique des machines électriques* (4 décembre 1912).

452 445. — **Dusseris.** — *Dispositif de commande de la rotation de pièces à déplacements successifs automatiques* (27 décembre 1912).

452 493. — **Mascord.** — *Perfectionnements dans la distribution de la puissance électro-motrice* (28 décembre 1912).

452 523. — **Siemens Schuckert Werke A. G.** — *Induit à cage d'écureuil pour moteurs à induction à courants alternatifs* (30 décembre 1912).

452 525. — **Japy Frères et Cie.** — *Appareil de démarrage pour moteur monophasé avec rhéostat* (30 décembre 1912).

452 320. — **Cathiard.** — *Dispositif électrique à action différée* (4 mars 1912).

452 327. — **Leduc.** — *Interrupteur commutateur à inverseur de courant à combinaison* (30 novembre 1912).

452 349. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Perfectionnements apportés aux redresseurs de courant* (24 décembre 1912).

452 438. — **Kaisser.** — *Interrupteur commutateur* (27 décembre 1912).

452 460. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Dispositif de sécurité pour redresseurs de courant* (27 décembre 1912).

452 524. — **Société Japy Frères et Cie.** — *Disjoncteur avec rhéostat de démarrage pour courant diphasé* (30 décembre 1912).

452 562. — **Hulbert.** — *Perfectionnements apportés aux régulateurs d'appareils électriques, spécialement pour vulcanisateurs* (10 décembre 1912).

16 971/451 983. — **Krasnikoff et Meissner.** — *Appareil électrique pour transmettre l'écriture, etc.* (17 décembre 1912).

452 447. — **Siemens et Halske A. G.** — *Procédé pour produire un dégagement progressif de gaz ou de vapeurs en petites quantités dans des ampoules complètement fermées et sous l'action d'une source de chaleur ou de lumière* (27 décembre 1912).

452 472. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux lampes à incandescence* (28 décembre 1912).

452 654. — **Société Brandon Frères.** — *Poste de téléphonie et de télégraphie de campagne* (19 octobre 1912).

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

71 202. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 527. 10 Décembre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Nouveau système de tarification tenant compte du facteur de puissance. — Feu souterrain et câbles. — Imprégnation sur place de poteaux en bois. — Le développement des téléphones en Angleterre. — La houille blanche dans l'État de New-York. — La T. S. F. pendant la guerre. — Nouveau progrès des lampes à arc. — Cuisine électrique 537

Chronique de l'électricité. — *Départements* : Bertrichamps. Cosne. Crest. Feron. Gabarret. Jussac. Lambezellec. Nangis. Pierre. Pont-d'Ain. Saint-Jean-de-Maurienne 539

Nécrologie. — W. H. Preece 540

Branchement direct des consommateurs isolés sur les lignes de distribution à tension moyenne. **H. M.** 541

Phénomènes électro-mécaniques et effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur (*suite et fin*). **Noël** 543

Notes sur les résultats d'exploitation des chemins de fer du Simplon. **Henry** 547

Exposition d'électricité de Bale. **F. Loppé** 552

Procédés de soudure et de brasure et leur application aux toles. **M. A.** 554

Académie des sciences. — *Séance du 3 novembre 1913* : Sur un voltmètre statique à lecture directe destiné à la mesure de très faibles courants par **M. Szilard**. — Influence de divers métaux sur les propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone par **S. Dupuy** et **A. Portevin** . . . 554

Séance du 10 novembre 1913 556

Séance du 17 novembre 1913 : Sur un nouveau dispositif de lampe à mercure immergée et à lumière pratiquement froide, par **MM. Billon-Daguerre, L. Médard** et **H. Fontaine**. — Sur les couples à flammes, par **G. Moreau** . . 556

Revue de la Presse. — *Éclairage électrique* : Procédé de régénération des lampes à incandescence. — *Électrothermie* : La fabrication des dérivés du baryum au four électrique. Le traitement des minerais de cuivre au four électrique. — *Installations* : Nouveau montage pour sonneries. — *Moteurs électriques* : Moteurs synchrones triphasés. Moteur à courant alternatif pour ascenseurs. — *Moteurs thermiques* : Moteurs Diesel de grande puissance. — *Stations centrales* : L'usine hydraulico-électrique de la Listertalsperre. — *Télégraphie sans fil* : Résistance des détecteurs à cristaux 558

Brevets d'invention 560

INFORMATIONS

Nouveau système de tarification, tenant compte du facteur de puissance. — M. A. Strelin, ingénieur à Zurich, a fait sur ce sujet une conférence à l'assemblée générale de l'Union des Centrales suisses, à Bâle.

Le déphasage entre la tension et le courant joue un rôle dans le prix de revient de l'énergie électrique, non par suite de la dépense supplémentaire d'énergie motrice, mais par suite de l'augmentation des dimensions des moteurs, conducteurs, transformateurs, ce qui entraîne à des frais plus considérables, pour l'intérêt, l'amortissement et l'entretien.

Dans une centrale intercommunale, à réseau étendu, le facteur de puissance varie entre 0,5 et 0,95 suivant la proportion entre l'éclairage et les moteurs, le type de ceux-ci, etc., on peut admettre qu'il est en moyenne égal à 0,75.

Par exemple dans une centrale de 1000 kw, la puissance apparente moyenne est de $\frac{1000}{0,75} = 1333$ kv-A : les génératrices, conducteurs, transformateurs doivent être construits pour une puissance 33,3 pour 100 fois plus forte que la puissance vraie.

M. Strelin estime que l'augmentation des dépenses d'installation est de 7200 francs pour les générateurs et tableaux, de 78 800 francs pour la ligne, et de 18 500 francs, pour les transformateurs, soit au total 104 500 francs. En comptant, comme on le fait d'ordinaire, 12,5 pour 100 pour les intérêts, amortissements et l'entretien, cela correspond à une dépense annuelle supplémentaire de 13 000 francs.

Si l'usine a une charge annuelle correspondant à une marche de 2500 heures à pleine charge, l'augmentation du prix de revient du kw-h, au tableau, est d'environ 0,5 centime, c'est-à-dire environ 10 pour 100 du prix de revient du kw-h (qui est en moyenne de 5 centimes).

Il est donc intéressant de chercher des moyens de compenser le déphasage, on peut y arriver :

1° En employant des moteurs synchrones fonctionnant à vide ; ces moteurs doivent alors fournir une puissance égale à la puissance magnétisante $UI \sin \varphi$, c'est-à-dire, dans le cas considéré, 840 kv-A. M. Strelin estime que le prix de revient de 2 moteurs de 420 kv-A est de 22 000 francs, de sorte que la dépense annuelle pour intérêts, etc... est de 2500 francs ;

avec la consommation d'énergie pour les faire tourner à vide, la dépense annuelle est de 7500 francs (avec de l'énergie à 5 centimes le kw-h). L'emploi de ces moteurs permettrait à la centrale de réaliser une économie de 15000 — 10000 = 5000 francs ;

2° En employant des moteurs synchrones produisant du travail; mais cela naturellement dépend des abonnés. En admettant par exemple que la moitié de la puissance soit absorbée par des moteurs de ce genre, l'économie annuelle de l'usine serait de 8000 francs;

3° En employant des condensateurs électrolytiques, du système Manbridge. La puissance de ces condensateurs devrait être égale à la puissance réactive, c'est-à-dire 840 kv-a; comme ils reviennent à 65 fr le kw, en y comprenant une perte d'énergie de 0,6 pour 100 de la puissance apparente, la dépense annuelle serait de 7600 francs, de sorte que l'économie serait de 5400 francs.

4° En employant des vibrateurs de Walker et Scherbuis ou de Kapp (le vibrateur produit une force électromotrice déphasée de un quart de période en avant du courant du rotor, ce qui déphase en avant celui du stator); l'appareil de Kapp pour moteur triphasé comporte 3 induits de dynamos à courant continu, d'une construction spéciale, ayant un bâti commun, placés dans le circuit du rotor, entre les bagues et la résistance de démarrage. Les électro-aimants des machines à courant continu sont excités par du courant provenant d'une batterie d'accumulateurs; l'énergie nécessaire pour l'excitation est faible (par exemple 1,5 kw pour un moteur de 250 kw). On ne peut appliquer naturellement ce genre de compensateur qu'à de gros moteurs et il faut encore que l'abonné ait intérêt à le faire.

Il faut donc que la station centrale fasse payer un prix d'autant plus élevé par kw, que les kv-a sont plus grands, mais cependant pas proportionnel à ces derniers.

M. Ricardo Arno, professeur au Polytechnikum de Milan, a proposé l'emploi d'un nouveau système de compteur, qui en même temps que le courant watté $UI \cos \varphi$ mesure une partie du courant déwatté $UI(1 - \cos \varphi)$.

On a donc :

$$C = UI \cos \varphi + \frac{1}{n} UI (1 - \cos \varphi) = UI . \frac{1 + (n-1) \cos \varphi}{n}$$

M. Arno désigne cette valeur sous le nom de charge complexe et les compteurs spéciaux qu'il a imaginés sont des compteurs complexes. Il a constaté à la suite d'essais et par des considérations théoriques que n est toujours compris entre 2 et 4, et qu'ordinairement il varie entre 2,5 et 3,5, de sorte qu'en pratique on peut admettre que $n = 3$. On a alors :

$$C = UI \frac{1 + 2 \cos \varphi}{3} = \frac{2}{3} UI \cos \varphi + \frac{1}{3} UI,$$

c'est-à-dire que la charge complexe est égale à la somme des deux tiers des watts et du tiers des voltampères.

M. Arno obtient ce résultat dans ses compteurs en créant dans la bobine de tension un déphasage qui est en proportion donnée avec le courant réactif; le prix de ces compteurs n'est pas beaucoup plus élevé que celui des compteurs ordinaires.

Afin de ne pas être obligé de donner aux bobines additionnelles des dimensions trop grandes, M. Arno a étudié trois sortes de compteurs :

La première pour des facteurs de puissance variant de 0,8 à 1 qui s'emploie pour la lumière; la seconde pour des facteurs de puissance variant de 0,5 à 0,92, qui s'emploie dans le cas de moteur ordinaire; la troisième pour des facteurs de 0,1 à 0,5.

Ces types de compteurs ont été soumis à des essais dans les laboratoires de Zurich et de Milan, et ont donné de bons résultats; la consommation d'énergie dans la bobine de tension (1,7 watt) est plus élevée que dans le cas de compteurs ordinaires, mais cela n'a pas beaucoup d'importance, les compteurs complexes n'étant employés que dans le cas d'installation un peu considérables.

M. Strelin étudie les résultats de l'emploi de compteurs complexes dans l'usine de 1000 kw avec facteur de puissance de 0,75 dont la charge annuelle correspond à un fonctionnement de 2500 heures à pleine puissance.

En comptant l'énergie à 5 centimes le kw, avec des compteurs ordinaires, la charge étant de $2500 \times 1000 = 2500000$ kw la recette est de 12500 francs; avec des compteurs complexes on a une recette annuelle de

$$\left(\frac{2}{3} 2500000 + \frac{1}{3} \cdot 3250000\right) 0,05 = 137500 \text{ francs}$$

soit 12500 francs de plus, ce qui correspond à peu près aux 15000 francs de dépenses supplémentaires, dues au déphasage.

F. L.

Feu souterrain et câbles. (*La Houille blanche.*) — M. Gabriel Patrouilleau, directeur général de la Société Grenoble-électricité, signale le curieux incident suivant, qui s'est produit lors de la pose d'un câble armé à 3000 v dans une des rues de Decazeville.

Les ouvriers, occupés à creuser la tranchée ont constaté que sur une longueur d'une vingtaine de mètres, la température du sol, sous la chaussée, s'élevait rapidement; à un mètre de profondeur le thermomètre marquait 75° C. Comme l'on craignait que le câble, isolé au papier, n'eût à souffrir de la chaleur, on décida la construction d'un caniveau d'aération avec cheminées latérales, dans lequel le câble est suspendu au moyen d'attaches.

La cheminée d'amont évacue de l'air chaud, avec un abondant dégagement de vapeur d'eau; le 8 août, un thermomètre placé dans la cheminée d'amont indiquait une température de 72° C; le lendemain par un temps pluvieux et frais, il ne marquait que 56° C. Au cours de l'été la température n'a pas dépassé 75° C., ce qui est encore beaucoup pour un câble isolé au papier.

D'après les habitants, le phénomène aurait pu être prévu, la partie correspondante de la rue ne garde pas la neige, qui fond en touchant le sol; les jours de pluie on constate que sur la longueur considérée de 20 m environ, la surface sèche très rapidement.

Il est évident que ce phénomène de chaleur souterraine est dû à la combustion d'une couche de houille.

M. Patrouilleau donne ensuite quelques renseignements sur le bassin houiller de Decazeville et les phénomènes de feu souterrain qui y ont été constatés et termine comme il suit.

« D'après l'inspection des vestiges calcinés, il est probable que le feu est aujourd'hui en régression, mais les couches de houille intactes sont si puissantes et si rapprochées qu'une extension, due, par exemple, à des éboulements ou effondrements souterrains de grande étendue, reste dans la limite de contingences.

« Il est vraiment impressionnant de voir, dans ce bassin aveyronnais, qu'à côté du grisou tueur d'hommes, un feu souterrain, quasi permanent, dévore la richesse noire, génératrice de tant d'efforts et de labeurs industriels. »

Imprégnation, sur place, de poteaux en bois. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 21 août.) — Les poteaux en bois pourrissent toujours à l'endroit où ils pénètrent dans la terre; ils peuvent être complètement abîmés à cette place, tandis qu'ils sont encore sains au-dessus et au-dessous. Les poteaux imprégnés présentent également cet inconvénient, plus tard il est vrai que ceux qui ne le sont pas, car la matière imprégnante est peu à peu entraînée à l'extérieur et de l'acide humique pénètre dans le bois.

On a proposé plusieurs moyens pour y remédier, par

exemple, de peindre au carbolineum la surface du poteau à l'endroit attaqué; pour céla on découvre le pied du poteau sur une profondeur de 25 cm environ et on l'enduit de carbolineum jusqu'à 1,5 m au-dessus du sol. Le carbolineum ne pénètre pas bien dans le bois, de sorte que le moyen de protection n'est pas très efficace.

Un procédé qui donne de très bons résultats, d'après M. C. Geck, est de percer un peu au-dessus du niveau de la terre dans le poteau deux trous, à angle droit, de 8 mm de diamètre disposés radialement, un peu au-dessus l'un de l'autre; les trous pénètrent jusqu'aux trois quarts de l'épaisseur et on y enfonce des pièces métalliques taillées en cône à l'avant et percées de trous, de manière à pouvoir amener le liquide conservateur à l'intérieur du poteau. Chacune de ces pièces métalliques est mise en relation avec un tuyau par lequel arrive le liquide, sous pression.

Un récipient cylindrique en tôle d'une contenance d'environ 15 litres est rempli du liquide imprégnant et une pompe y envoie de l'air à 5 kg : cm² environ de pression, un manomètre indique la pression. Un tuyau descendant presque près du fond du réservoir est muni à la partie supérieure de celuici, d'un robinet et aboutit à une pièce en T, dont les extrémités sont raccordées aux tuyaux qui vont aux pièces creuses enfoncées dans les trous.

Le liquide arrive bien dans l'intérieur du poteau: des expériences très précises ont montré qu'il pénètre en 10 minutes à peu près 220 à 250 gr. de carbolineum.

Le bois était imprégné à peu près sur toute la section sur une longueur de 250 à 800 mm.

Un poteau ainsi traité résiste bien, le liquide pénètre de plus en plus loin dans le bois; si on ajoute au carbolineum un peu de pétrole, qui est aussi un excellent conservateur, la répartition du liquide est encore améliorée.

Pour avoir une meilleure conservation, on peut pratiquer un petit trou incliné dans le poteau au-dessus de l'emplacement imprégné, ce petit canal sert de siphon et empêche l'eau qui pénètre par la partie supérieure du poteau d'entrainer la substance imprégnante. Ce dernier trou reste ouvert, tandis que les deux autres sont fermés par des bouchons en en bois.

Il est avantageux de travailler avec deux appareils, l'on met l'un d'eux en place pendant que l'autre est en fonctionnement. F. L.

Le développement des téléphones en Angleterre. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 28 août.) — Parmi les villes anglaises possédant plus de 5000 postes téléphoniques, c'est Hull (avec 514500 habitants) qui en possède proportionnellement le plus (1 poste pour 26 habitants) et Birmingham (1125000 habitants) qui en possède proportionnellement le moins (1 poste pour 72 habitants). Londres (7160000 habitants) a un poste pour 55,8 habitants.

Le nombre total des postes a passé de 196000 en 1901 à 652000 en 1911.

En 1901, il n'y avait que deux villes (Glasgow et Tunbridge Wells), dont les réseaux étaient entre les mains de la municipalité. L'administration des postes avait 2686 postes en province.

En 1911, il y avait 525440 postes appartenant à la National Telephone Cº (dont les installations ont été dernièrement reprises par l'administration des postes), 118995 appartenant à l'administration des postes et 7501 appartenant à diverses sociétés.

De 1901 à 1911, le nombre de postes a quintuplé à Londres (de 59516 à 211541) triplé à Glasgow et doublé à Liverpool.

Dans cette dernière ville, il y avait déjà en 1901 un poste pour 74 habitants; en 1911, il y avait un poste pour 40 habitants. F. L.

La houille blanche dans l'État de New-York. — D'après une étude faite par la « Conservation Commission » de l'État de New-York, la puissance des diverses usines de cet État s'élève, en nombre rond, à 4 millions de kw, sur lesquels 800000 sont produits dans des usines hydraulico-électriques Sur les autres 5200000 kw, 1250000 pourraient être avantageusement produits au moyen de chutes. F. L.

La télégraphie sans fil pendant la guerre. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 18 septembre.) — Pendant les 155 jours qu'a duré le siège d'Andrinople, malgré tous les efforts des assiégeants pour interrompre les communications, le poste de télégraphie sans fil est resté constamment en relation avec celui du quartier général à Constantinople distant de 200 km et cependant il n'avait qu'une puissance de 1,5 kw; il a envoyé environ un demi-million de mots. F. L.

Nouveau progrès des lampes à arc. (*Elektroindustrie*, du 25 septembre.) — M. le professeur Dr Summer, de Breslau, s'occupe d'expériences qui se rapportent à l'augmentation de la lumière des lampes à arc.

De même que l'on peut faire varier le point de fusion d'un liquide, en faisant varier la pression, on peut augmenter ou diminuer la température d'un arc électrique, en augmentant ou diminuant la pression.

Il est pratiquement possible d'augmenter de 1000 degrés la température d'environ 4000 degrés d'un arc électrique et dans ce cas l'intensité lumineuse n'augmente pas seulement de un cinquième mais d'un multiple. F. L.

Cuisine électrique. — Le bureau fondé par la Société électrotechnique allemande, pour faire de la propagande pour l'électricité, publie des brochures donnant des renseignements sur les divers emplois de l'électricité; d'après ces brochures la dépense d'énergie électrique est dans les différents cas :

Pour cuire 1 kg de pain	0,25 à 0,35 kw h.
Pour préparer 4 tasses de café.	0,07 —
Pour préparer un litre de soupe	0,25 —
Pour cuire 850 grammes de poisson	0,28 —
Pour préparer 1500 gr de bouillie	0,54 —
Pour faire rôtir 600 gr de pommes de terre. .	0,17 —
Pour faire cuire une tête de chou-fleur. . . .	0,38 —
Pour faire rôtir 4 côtelettes ou beefsteaks . .	0,11 —
Pour faire rôtir 3 entrecôtes.	0,11 —
Pour cuire 1000 gr de ragoût de veau. . . .	0,86 —
Pour cuire 1500 gr de ragoût de porc	0,97 —
Pour faire cuire 4 œufs	0,4 à 0,6 —

F. L.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Bertrichamps (Meurthe-et-Moselle). — *Éclairage.* — Cette commune va être dotée prochainement de l'éclairage électrique. La municipalité va entreprendre des démarches à ce sujet.

Cosne (Nièvre). — *Station centrale.* — Les commerçants de Cosne font circuler en ce moment une pétition, afin d'obtenir du conseil municipal l'installation de l'électricité.

On assure d'ailleurs que la municipalité est toute disposée à examiner ce projet avec toute l'attention qu'il mérite.

Crest (Drôme). — *Concession de l'éclairage.* — Une demande de concession relative à l'éclairage électrique a été présentée par la Société drômoise.

Le conseil municipal a décidé de renvoyer cette question à la session de novembre, pour supplément d'étude.

Feron (Nord). — *Distribution d'énergie électrique.* — Le Conseil municipal a donné un avis favorable au projet de concession par l'État d'une distribution électrique pour tous usages autres que l'éclairage public ou privé demandée par la Société « Electricité et Gaz du Nord », à Jeumont, après avoir obtenu de ladite Société la promesse formelle qu'elle sollicitera dans un délai de trois mois la concession communale pour fournir l'éclairage public et privé.

Gabarret (Landes). — Gabarret va être sous peu éclairé électriquement.

Un gros réseau électrique ayant ses usines sur la Baïse, entre Condom et Nérac, a envisagé dès le début de son programme de faire une ligne électrique allant à Cazaubon et passant par Mézin.

Jussac (Cantal). — *Éclairage.* — Il est question d'établir l'électricité à Jussac. Ce serait M. Louis Riom qui installerait à ses moulins une annexe à cet effet.

Lambezellec (Finistère). — *Distribution d'énergie.* — Le conseil a autorisé le maire à passer avec la Compagnie d'électricité de Brest et extensions l'acte de concession pour la distribution d'énergie électrique pour tous usages dans la commune et à signer de même une convention pour l'éclairage public par l'électricité.

L'assemblée approuve le contrat à passer, le cahier des charges et le plan du réseau.

Nangis (Seine-et-Marne). — *Éclairage.* — Le projet d'installation d'une usine électrique par M. Bougues, député de Toulouse, est abandonné; c'est maintenant la Société Sud-Lumière qui est en pourparlers avec la municipalité de Nangis.

Pierre (Saône-et-Loire). — *Éclairage* — A la suite d'une réunion qui a eu lieu à la mairie de Pierre, sous la présidence de M. Mathieu, ingénieur des ponts et chaussées à Mâcon, et à laquelle assistaient beaucoup de maires des communes des cantons de Pierre et de Verdun, ainsi que les ingénieurs de compagnies électriques, diverses mesures ont été prises pour l'installation de l'éclairage électrique dans les communes précitées.

Pont-d'Ain (Ain). — *Stations centrales.* — Il y a à Pont-d'Ain deux stations électriques qui fournissent la force motrice et la lumière à toute la région des bords de la rivière de l'Ain: à Allement et à Oussiat, d'où partent les lignes qui distribuent l'énergie.

La station d'Oussiat, qui fournit la force motrice aux usines de Jujurieux, donne sa pleine charge, laquelle est utilisée d'une façon complète; mais à la station d'Allement, il en est autrement, et l'usine hydro-électrique qu'a établie en cet endroit M. Duchamp, peut encore doubler largement sa production. Cette force motrice complémentaire, qui jusqu'à maintenant n'a pas été utilisée, va l'être sous peu. On étudie en effet, en ce moment, le moyen d'agrandir le rayon de l'éclairage fourni par Allement, et d'aller à Ambérieu et même plus loin. On le voit, les forces motrices existantes peuvent encore étendre davantage leur action, et cela pour le plus grand bien de toutes les communes du voisinage.

Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie). — *Éclairage.* — Parmi les propositions faites à la ville pour l'éclairage électrique, une a attiré l'attention des conseillers, c'est celle de MM. Guille et Cie, à Saint-Jean-de-Maurienne. Ces industriels ont en effet fait une demande de concession pour l'éclairage et la force motrice. Étant donnés les avantages offerts à la commune par MM. Guille, il est probable que leur proposition recevra l'agrément du conseil.

NÉCROLOGIE

W. H. PREECE

Le 6 novembre dernier l'Angleterre perdait Sir William Preece, un des pionniers de la science électrique, dont le nom restera attaché à de nombreuses questions de télégraphie et de téléphonie qu'il fut appelé à résoudre.

Né à Carnarvan, le 15 février 1834, Preece fit ses études à King's College, puis fut attaché en 1853 au bureau d'études de M. E. Clark, d'où il passa à la Electric and International Telegraph C°. Trois ans plus tard il devint ingénieur de la Channel Islands Telegraph C , et lorsque les nombreuses compagnies télégraphiques anglaises fusionnèrent pour céder leurs installations à l'État, Preece fut nommé ingénieur divisionnaire du Post-Office. En 1892, il devint ingénieur en chef et dirigea cette importante administration jusqu'en 1899 où la limite d'âge l'obligea à prendre sa retraite. Preece ne cessa pas de travailler pour cela, il resta l'ingénieur-conseil du Post-Office et s'associa au Major Cardew pour fonder à Westminster un bureau d'ingénieur.

Il voyagea beaucoup, fut à deux reprises aux États-Unis étudier les systèmes télégraphiques en usage dans ce pays, et en rapporta le « sounder », qu'il fit adopter en Angleterre pour la lecture au son des dépêches.

Preece fut le premier ingénieur qui réalisa un bon fonctionnement en duplex sur des câbles sous-marins ; ce fut lui également qui organisa le premier circuit téléphonique entre Paris et Londres, en 1891. Il publia deux ouvrages : « Le Téléphone » et un « Manuel de Téléphonie » (1893), ce dernier en collaboration avec M. Stubbs.

Mais le fait le plus important de la vie de Preece est certainement la réalisation de la première transmission de messages sans fil entre deux îles. Quoique n'ayant pas utilisé pour cela les ondes hertziennes, Preece n'en est pas moins le père de la Télégraphie sans fil. *L'Industrie Électrique* a relaté en son temps (n° 131 du 10 juin 1897, p. 225) les expériences célèbres, grâce auxquelles une communication put être établie sans fil à travers un bras de mer en utilisant l'induction. La distance maxima put être portée à 10 kilomètres, ce qui était vraiment merveilleux à une époque où la Télégraphie sans fil était encore inconnue.

Preece avait fondé de grandes espérances dans l'avenir du nouveau mode d'intercommunication et, lorsque Marconi vint présenter son système en Angleterre, en 1896, il lui offrit la plus large hospitalité.

Preece était membre actif de nombreuses sociétés; malgré ses nombreuses occupations, il trouvait le temps de leur faire d'intéressantes communications. A côté de cela, il avait le talent de savoir expliquer au grand public les choses les plus délicates de la science électrique, et à ce point de vue il avait acquis en Angleterre une popularité considérable. Ses travaux et ses écrits ne le feront pas oublier non plus des professionnels.

A. S.

BRANCHEMENT DIRECT
DES CONSOMMATEURS ISOLÉS
SUR LES
LIGNES DE DISTRIBUTION A TENSION MOYENNE

Méthodes américaines. — Les applications que l'électricité pourrait recevoir dans les régions rurales, pour les usages des entreprises fermières et agricoles particulièrement, sont extrêmement nombreuses; des perfectionnements considérables ont été réalisés dans les méthodes de production et d'utilisation de l'électricité. Mais les habitants des grandes agglomérations sont

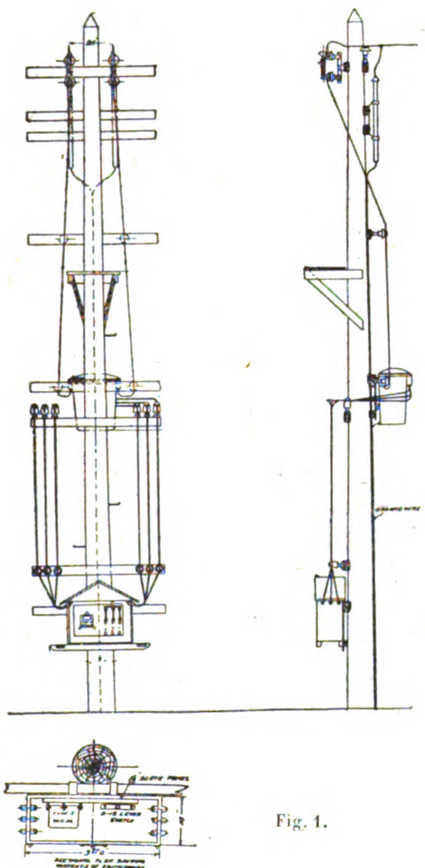


Fig. 1.

encore presque les seuls à pouvoir en bénéficier; il n'y a pour ainsi dire pas d'exemple de centrale génératrice urbaine dont le réseau s'étende jusqu'aux zones suburbaines; le service est à peu près exclusivement assuré, dans ces zones, par quelques installations privées, lorsque l'électricité n'y est pas même complètement inconnue.

Il serait très intéressant pour les usines d'électricité d'y pénétrer, en absorbant les installations existantes et en s'introduisant dans les fermes, les exploitations industrielles, les installations d'irrigation, etc., s'échelonnant le long des lignes.

Le principal obstacle qui s'est opposé jusqu'ici à la réalisation du programme est la nécessité d'avoir des installations de transmission et de transformation qui ne fussent pas trop coûteuses; il ne faut pas que les charges d'intérêt et d'amortissement dépassent le bénéfice réalisable ou l'annulent presque complètement.

Il nous paraît instructif, à ce propos, de décrire sommairement quelques-unes des dispositions employées en Amérique pour permettre de relier économiquement aux lignes de transmission à moyenne tension, sans installation intermédiaire de sous-station, des installations réceptrices de petite puissance. Certaines de ces dispositions ne sont pas inconnues en France, dans les régions de transmission à haute tension; mais la forme d'exécution adoptée en Amérique présente souvent des particularités [1].

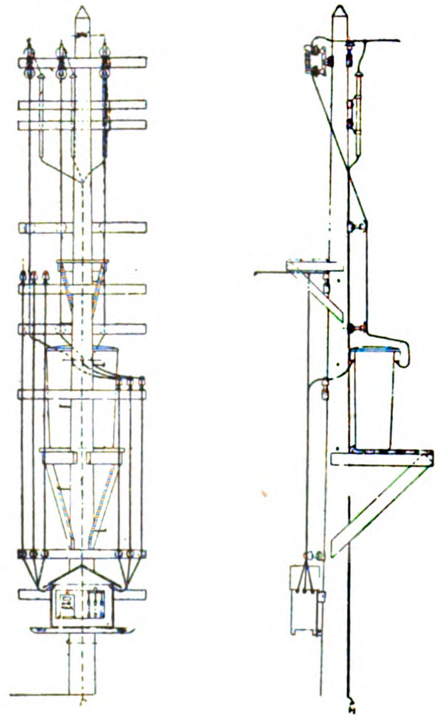


Fig. 2.

La condition qui a dû être observée principalement dans le développement de l'outillage dont il s'agit est la condition de prix; le coût des équipements doit être réduit à la plus basse valeur possible, étant donné que cet outillage est destiné à être employé dans des circonstances qui ne permettent pas d'espérer un revenu élevé. Malgré cela, on a su conserver à la construction toute la robustesse voulue et sauvegarder complètement la sûreté de fonctionnement.

La figure 1 représente le type d'installation employé pour alimenter, au moyen d'une ligne à 16500 v, sous

[1] E. B. Merriam, *General Electrice Review*, août 1913, p. 549.

une tension de 110 à 220 v, un consommateur ou un groupe de consommateurs absorbant une puissance de 5 kv-A.

La ligne à haute tension est reliée directement à un

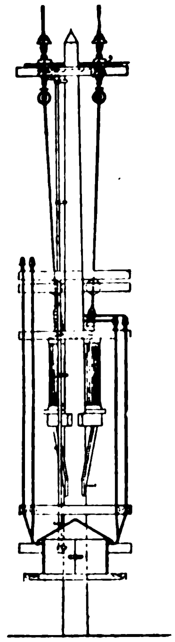


Fig. 3.

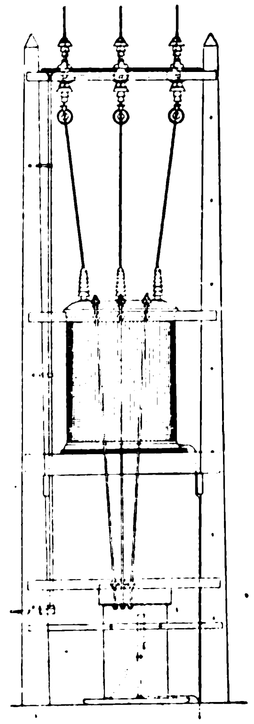


Fig. 4.

fusible à expulsion combiné avec un interrupteur séparateur, placé au sommet du support.

Au bas de celui-ci est aménagée une petite cabine, contenant un watt-heure-mètre et un interrupteur tripo-

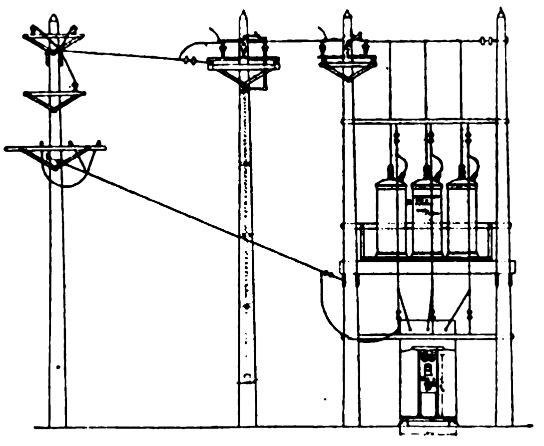


Fig. 5.

laire à couteaux, la partie supérieure de la cabine se trouve à 1.90 mètre environ de hauteur.

Au-dessus de la cabine se trouve le transformateur, surmonté lui-même d'une plateforme placée à une hauteur suffisante pour que l'ouvrier, lorsqu'il y est monté, puisse atteindre le sommet du support.

La ligne à l'arrivée est reliée à la terre par l'intermédiaire d'un parafoudre; on emploie de préférence un parafoudre à chambre de compression; la prise de terre se fait au moyen d'un fil placé le long du poteau.

Ce mode d'installation suffit pour des puissances de

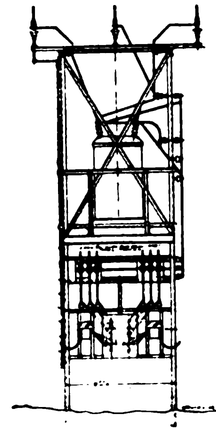


Fig. 6.

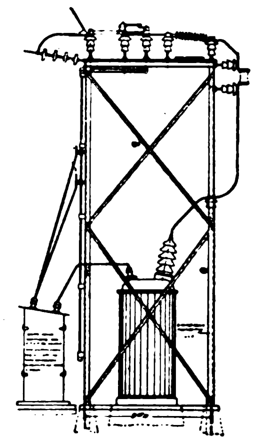


Fig. 7.

5 à 50 kv-A, avec une tension primaire allant jusqu'à 16500 volts.

La figure 2 représente le mode d'installation d'un poste de 50 kv-A.

Pour les tensions de 16500 à 33000 v on utilise comme support une tour de construction appropriée.

L'interrupteur à basse tension est placé dans une

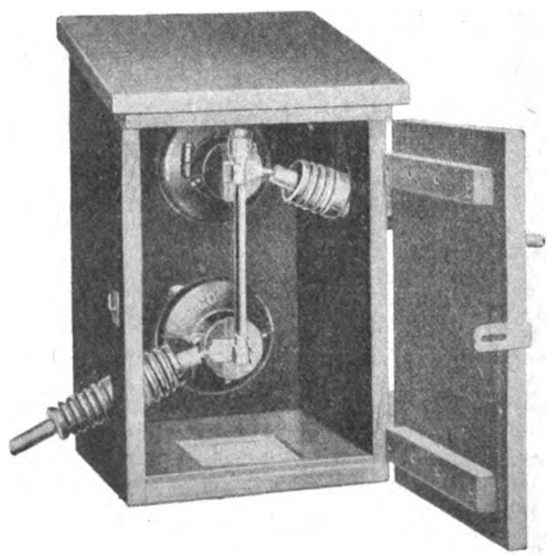


Fig. 8.

petite cabine portative; dans la boite à haute tension se trouvent les fusibles et disjoncteurs et une bobine de réactance.

Les figures 3, 4 et 5 montrent la construction des supports en bois et les figures 6 et 7 celles des supports métalliques. La figure 3 représente la disposition employée pour les postes de 25 kv-A; la figure 4 celle des postes à 200 kv-A; l'arrangement montré par la figure 5

est un peu différent en ce que le transformateur triphasé des autres équipements y est remplacé par un groupe de 3 transformateurs monophasés : la puissance est de 180 kv-A.

L'installation illustrée par la figure 6 a une puissance de 180 kv-A également, avec une tension primaire de 22000 v, et celle de la figure 7 est une installation de 500 kv-A, avec une tension primaire de 70000 v; la tour est en fer.

On considère les tours métalliques comme avantageuses surtout à raison de leur robustesse et de leur durabilité. Quant à l'emploi des transformateurs monophasés, en remplacement des appareils polyphasés, il est avantageux parce qu'il facilite les réparations en cas de dérangement et permet même de maintenir le service s'il arrive que l'un des transformateurs soit complètement détérioré; il réduit les équipements de réserve nécessaires et, parfois, il simplifie les installations.

Le fusible utilisé pour protéger le transformateur contre les courts-circuits est souvent conditionné comme interrupteur-séparateur; cette disposition est particulièrement avantageuse pour les équipements de puissance modérée, lorsque la tension ne dépasse pas quelque 16500 v; elle est illustrée à la figure 8.

Dans la disposition employée pour les tensions supérieures, les tubes contenant les fusibles sont fermés hermétiquement; ils sont étanches à l'eau; il n'est donc pas nécessaire d'enfermer les instruments. Ceux-ci sont montés sur une carcasse, verticalement ou horizontalement. On emploie également des fusibles à cornes; mais ils ne donnent vraiment de bons résultats qu'à la condition d'être installés de telle sorte que l'énergie des oscillations accompagnant leur fonctionnement soit régulièrement dissipée avant d'atteindre les transformateurs.

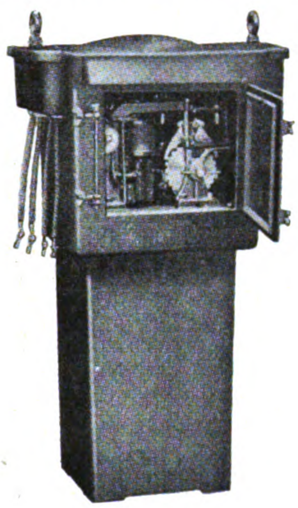


Fig. 9.

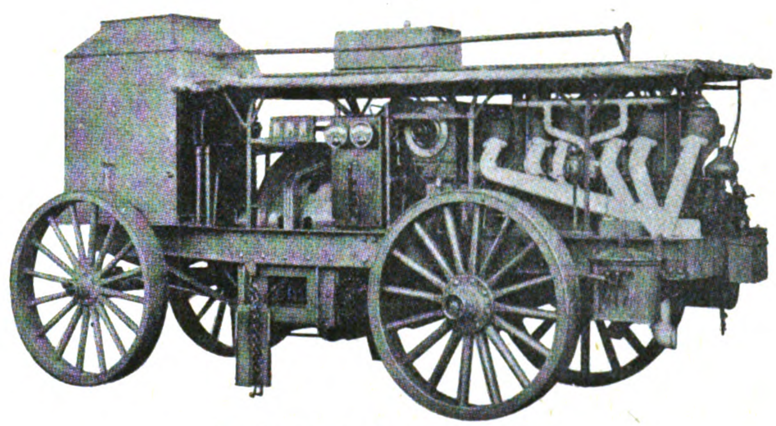


Fig. 10. — Groupe électrogène de secours.

Des interrupteurs sont employés au besoin (pour les installations d'une certaine importance); les types en usage sont actionnés à la main ou électriquement [1].

Les transformateurs sont des transformateurs du type ordinaire pour installations à l'air libre; on y adjoint souvent des bobines de réactance, du type en hélice.

L'un des dispositifs les plus intéressants des installations rurales est un nouveau type de régulateur automatique établi pour assurer le réglage de la tension sur les feeders pour l'éclairage; un appareil de ce genre est représenté figure 9.

Les appareils de distribution sont montés dans une cabine en tôle, ou en bois, au pied du support.

Les principales installations pour lesquelles les postes de branchement direct sont employés sont les installations agricoles, les installations minières, les installations d'irrigation, les installations des entrepreneurs de grands travaux.

En conjonction avec les postes dont il s'agit, on a également établi, pour faire face aux interruptions, accidents, surcharges, etc., des installations génératrices roulantes, comprenant essentiellement un moteur à combustion interne et une dynamo génératrice avec les accessoires nécessaires (voy. fig. 10). H. M.

(1) E. H. Jacobs, Recent developments in high voltage oil break switch design, *General Electric Review*, juin 1913.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

ET

EFFETS MÉCANIQUES

RÉSULTANT DE LA MISE EN COURT-CIRCUIT BRUSQUE D'UN ALTERNATEUR

(SUITE ET FIN [1])

3° *Court-circuit brusque sur une phase.*

Nous dirons d'abord quelques mots du régime *perma-*

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 526 du 25 nov. 1913, p. 517.

nent en court-circuit monophasé; cette question étant assez peu connue.

Les inductances de fuites sont, ainsi que nous l'avons vu plus haut, des fonctions du temps; il s'ensuit que, dans l'inducteur et dans l'induit, des harmoniques prennent naissance en nombre infini [1] : le courant dans l'inducteur contient tous les termes pairs de la série de Fourier et le courant induit tous les termes impairs (s'il n'y a pas d'amortisseur dans l'inducteur).

Les calculs sont considérablement simplifiés si l'on néglige les résistances des enroulements; on évite ainsi

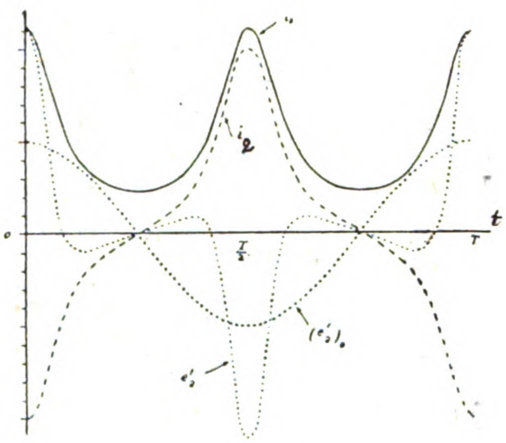


Fig. 4.

les développements en série. Les figures 4 et 5 donnent (avec cette hypothèse) les courbes des valeurs instantanées des diverses grandeurs en jeu, la figure 4 dans le cas

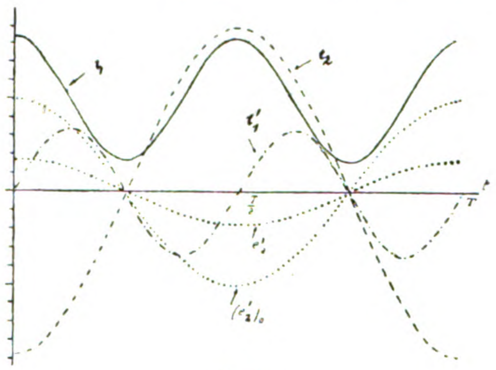


Fig. 5.

d'un alternateur sans amortisseur, la figure 5 dans le cas d'un alternateur muni d'amortisseur. L'influence de celui-ci est mise nettement en évidence par ces courbes : les circuits d'induit ne contiennent plus, comme f.é.m. ou courant, que le terme en ωt; le circuit inducteur et le circuit amortisseur ne contiennent plus que le terme en $2\omega t$.

Le courant efficace dans la phase en court-circuit est toujours plus grand que dans l'hypothèse où le courant inducteur est constant, c'est-à-dire plus grand que

$$I_{2cc} = \frac{E_2}{\omega L_2}.$$

Sans amortisseur, il est d'autant plus grand que les fuites sont plus petites; il est compris entre 1,5 fois et 2 fois $\frac{E_2}{\omega L_2}$ pour les valeurs pratiques du rapport $\frac{L_1}{N_1}$.

Avec amortisseur, il est très voisin de $2\frac{E_2}{\omega L_2}$; c'est la valeur qu'on admet généralement dans le calcul industriel des alternateurs, mais on voit ici ce que cela suppose et qu'on passe généralement sous silence.

Avec amortisseur, les valeurs maxima et efficace de la tension dans la phase restée ouverte sont toujours plus

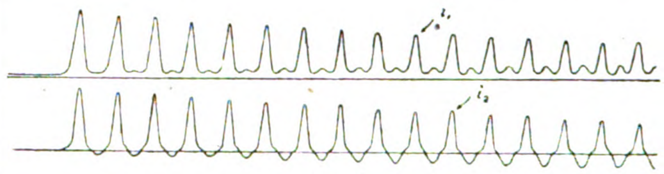


Fig. 6.

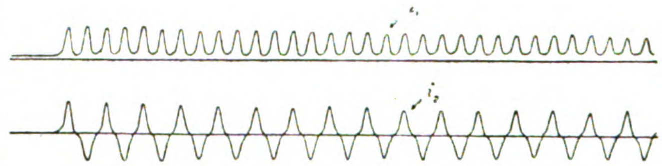


Fig. 7.

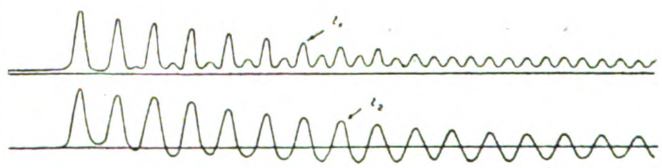


Fig. 8.

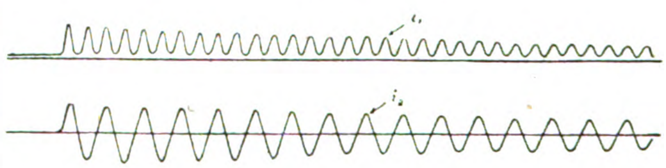


Fig. 9.

petites que celles obtenues avec les deux phases ouvertes; tandis que, sans amortisseur, la valeur efficace de cette tension peut être plus grande ou plus petite, et la valeur maxima est toujours plus grande.

Pendant le régime variable du court-circuit, la surintensité continue dans l'inducteur peut donc provoquer une surtension dans la phase restée ouverte.

L'étude analytique du régime variable du court-circuit monophasé conduit aux résultats suivants :

Sans amortisseur, les constantes de temps sont de la forme $\frac{\sqrt{NL}}{R}$ et le facteur de surintensité de la forme $\sqrt{\frac{L}{N}}$.

Qu'il y ait ou non amortisseur, la courbe du courant

[1] P. Boucherot, La déformation des sinusoïdes dans les machines. *Lumière électrique* du 25 mars 1893.

inducteur change avec l'époque de fermeture du court-circuit. Suivant cette époque, il y a en effet plus ou moins de courant continu induit dans le circuit d'induit, et par conséquent plus ou moins de courant alternatif dans l'inducteur.

Les figures 6 à 9 représentent les courants inducteur et induit dans les cas suivants :

Figure 6 sans amortisseur, $\mathcal{F}_2$ flux dans le circuit d'induit maximum au moment de la fermeture du court-circuit;

Figure 7 sans amortisseur, $\mathcal{F}_2$ nul;

Figure 8 avec amortisseur, $\mathcal{F}_2$ maximum;

Figure 9 avec amortisseur, $\mathcal{F}_2$ nul.

Ces courbes ont été établies en admettant les mêmes valeurs des constantes que lors du court-circuit diphasé

$$\left(\frac{L_1}{N_1}=10,\ \frac{R_1}{N_1}=5,\ \frac{R_2}{N_2}=10\right).$$

La comparaison de ces courbes avec les précédentes (fig. 2 et 3) montre que la durée de l'état variable est beaucoup plus grande dans le court-circuit monophasé.

La théorie indique qu'avec amortisseur, la tension maxima dans la phase ouverte, qui est ωMJ avant le court-circuit, diminue constamment pendant l'état variable, et qu'au contraire, sans amortisseur, elle peut atteindre des valeurs considérablement plus grandes. S'il n'y avait pas saturation magnétique, pour un turbo-alternateur, cette tension maxima pourrait atteindre de 10 à 20 fois la tension maxima à vide, suivant le moment du court-circuit. Pratiquement, la saturation magnétique et la présence d'un amortissement plus ou moins imparfait ont pour effet de réduire la surtension dans la phase ouverte, même s'il n'y a pas d'amortisseur; mais cette surtension peut encore être assez grande pour provoquer des coups de feu lors de courts-circuits monophasés en ligne.

4° *Courts-circuits partiels.* — Si un court-circuit se produit dans une portion seulement de l'enroulement induit, il en résulte encore des surintensités continues et alternatives pendant l'état variable, mais de moindre importance.

Ces courts-circuits partiels peuvent provoquer des surtensions dangereuses dans l'inducteur, aussi bien pendant l'état variable, qu'en régime permanent, même si la source d'excitation n'a pas de self-induction.

Considérons par exemple, un inducteur comportant 4 bobines en série; si chacune est le siège d'une force électromotrice de 1000 volts, il n'y aura qu'un courant de circulation si les quatre forces électromotrices sont de même sens. Si deux des forces électro-motrices dans deux bobines successives sont de sens contraire à celles des deux autres, il n'y aura pas de courant de circulation, mais une différence de potentiel entre certains fils, par la masse, de 2000 volts. Si trois des forces électromotrices dans trois bobines successives sont de sens contraire à la quatrième, il y aura un courant de circulation correspondant à 2000 volts et une différence de potentiel de 1000 volts entre certains fils par la masse. Or ces forces électromotrices peuvent être développées dans l'inducteur par des courts-circuits partiels dans l'induit, par exemple par l'un des deux processus suivants :

1° Un alternateur diphasé marche en parallèle avec un autre; un court-circuit se produit dans une bobine d'une phase. Cette bobine devient le siège d'un courant décalé en arrière d'un quart de période. La force électromotrice de la phase considérée a diminué, cette phase est donc parcourue par un courant en quadrature en avance que fournit l'autre alternateur. La machine ne fonctionne plus en diphasé; l'inducteur est le siège de deux forces électromotrices en $2\omega t$ produites dans des bobines différentes, et de sens contraire, puisque le courant déwatté est de sens contraire dans des bobines différentes d'une même phase.

2° Un alternateur diphasé fonctionne seul; deux courts-circuits se produisent en même temps, l'un sur une bobine de la phase sinus, l'autre sur une bobine d'un autre pôle de la phase cosinus. Il se produit encore deux forces électromotrices de sens contraire en $2\omega t$ dans deux bobines différentes de l'inducteur.

Ces forces électromotrices induites dans l'inducteur peuvent atteindre des valeurs considérables dans un turbo-alternateur.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons pas reproduit les détails des calculs que l'on trouvera dans les comptes rendus du Congrès international d'Électricité de Turin, ou dans le Bulletin de la Société internationale des Électriciens de décembre 1911.

II. Effets mécaniques. — Les effets mécaniques des courts-circuits peuvent intéresser plus particulièrement : d'une part, les conducteurs électriques situés hors des encoches; d'autre part, l'arbre, ses clavettes et le manchon d'accouplement.

1° *Efforts sur les conducteurs latéraux.* — Le calcul de ces efforts ne peut être fait qu'avec une approximation très grossière.

Lorsqu'un conducteur parcouru par un courant i est placé dans un champ magnétique $\mathcal{H}$ dont les lignes de force font un angle α avec le conducteur, celui-ci est soumis à une force qui, par unité de longueur, a pour valeur, en unités C.G.S. :

$$\mathcal{H} i \sin\alpha$$

La difficulté est l'évaluation de $\mathcal{H}\sin\alpha$.

Un conducteur latéral d'induit se trouve dans un champ magnétique résultant : 1° du champ produit par le courant dans le conducteur lui-même; 2° du champ de fuites de l'inducteur; 3° du champ produit par les conducteurs induits voisins. Il est impossible de calculer ces champs avec précision; mais on peut néanmoins se rendre compte de l'ordre de grandeur de l'effort agissant sur un conducteur.

Dans un turbo-alternateur de quelques milliers de kilowatts, l'ensemble des conducteurs latéraux d'une bobine d'induit a une section d'environ 20 cm², et la somme des courants efficaces qui y passent à pleine charge est d'environ 5000 ampères.

Au premier instant du court circuit, on a dans ce paquet de fils l'équivalent d'un courant alternatif efficace de 100000 à 150000 ampères, auquel se superpose un courant continu pouvant atteindre 140000 à 210000 ampères.

Ce paquet de fils détermine autour de lui un champ magnétique très intense, qui est encore de 1000 à 2000 gauss à la distance de 20 ou 30 cm, où se trouvent d'autres paquets de fils parcourus par des courants du même ordre de grandeur.

Or un conducteur parcouru par un courant de 100000 ampères, placé dans un champ de 1000 gauss, est soumis à un effort de 10 kg par centimètre de longueur. Tel est donc l'ordre de grandeur des efforts auxquels sont soumis les paquets de fils latéraux au premier instant du court-circuit. Si l'on ne fixait pas ces conducteurs d'une manière spéciale, ils prendraient sous l'action de ces efforts des formes imprévues ; les tubes de micanite, qui les accompagnent sur une certaine longueur hors des encoches, seraient cassés et, de ce fait, supprimés comme isolants.

On est ainsi conduit à amarrer les paquets de fils au moyen de pièces de bronze ; la réalisation ne présente aucune difficulté ; il suffit de soigner l'isolation.

2° *Efforts sur l'arbre, les clavettes et le manchon d'accouplement.* — Pendant les courts-circuits, l'arbre de l'alternateur, celui de la turbine, les clavettes et le manchon d'accouplement peuvent se trouver soumis à des efforts de beaucoup supérieurs à ceux du fonctionnement normal.

Dans le régime permanent du court-circuit polyphasé, le couple demandé par l'alternateur est très faible et constant. Il n'y a, en effet, à produire que l'effet Joule, qui vaut de 4 à 9 fois l'effet Joule normal, lequel ne représente pas plus d'un demi pour cent de la puissance de pleine charge.

Dans le régime variable du court-circuit même polyphasé, il n'en est plus ainsi : l'effet Joule est très grand, puique les courants sont considérables ; il n'est plus constant, parce que, dans chaque circuit, il y a superposition d'un courant continu et d'un courant alternatif amortis.

Pour des circuits de résistance R parcourus par des courants ondulés :

$$I_0 + \sqrt{2}\, I \sin \omega t \text{ et } I_0' + \sqrt{2}\, I \cos \omega t,$$

l'effet Joule total est :

$$RI_0^2 + RI_0'^2 + 2RI^2 + 2\sqrt{2}\, RI\,(I_0 \sin \omega t + I_0' \cos \omega t)\,;$$

les deux premiers termes représentent l'effet Joule des courants continus, le troisième correspond à l'effet Joule des courants alternatifs, le dernier est une puissance alternative provenant de la superposition, dans chaque circuit des deux sortes de courants. L'effet Joule dans l'induit d'un alternateur, pendant le court-circuit sur les deux phases, est de la forme ci-dessus, aux coefficients d'amortissement près ; l'effet Joule dans l'inducteur a une expression analogue.

La partie constante de la puissance transformée en chaleur vaut, suivant les circonstances, 2 ou 3 fois la puissance de pleine charge. Une partie de cette puissance est fournie par l'énergie potentielle électro-magnétique de l'alternateur, qui se libère pendant le régime variable ; mais la majeure partie de l'effet Joule constant doit être fournie par le moteur conduisant l'alternateur. Mais ceci ne peut apporter de grandes perturbations ; par suite de la grande inertie du groupe et de la diminution rapide de cet effet Joule, il n'en résulte qu'un ralentissement momentané de l'ensemble.

La partie variable de l'effet Joule, dont le maximum atteint 7 à 8 fois la puissance de pleine charge, se superpose à des actions électro-magnétiques dont nous allons voir l'origine et qui ont une influence considérable.

Entre deux circuits électriques, ayant entre eux un coefficient de mutuelle inductance m périodique, et parcourus par des courants i_1 et i_2, s'exerce un couple, pour une vitesse Ω constante, ayant pour valeur :

$$\frac{1}{\Omega}\, i_1\, i_2\, \frac{dm}{dt}.$$

En appliquant cette formule à l'ensemble des circuits prix deux à deux, on obtient le couple alternatif pendant le régime variable du court-circuit.

On trouve ainsi que le maximum de ce couple, dans les conditions admises précédemment pour le calcul des courants, vaut de 20 à 30 fois le couple de pleine charge de la machine lors d'un court-circuit polyphasé. Quand le court-circuit a lieu sur une phase seulement, la valeur de ce maximum dépend de l'époque à laquelle est fait le court-circuit : si le court-circuit est fait sur une phase au moment où le flux y est nul, il ne dépasse pas 20 à 30 fois le couple de pleine charge ; mais dans un alternateur sans aucun amortissement dans l'inducteur (cas théorique), il peut atteindre 80 à 120 fois le couple de pleine charge, si le court-circuit est fait sur une phase au moment où le flux y est maximum. Tous ces chiffres sont donnés sous réserve des corrections dues à la saturation magnétique possible.

Ces énormes couples alternatifs, résistants pendant une demi-période, moteurs pendant la suivante, sont sans influence sur la vitesse moyenne du groupe et ne produisent que des variations périodiques de cette vitesse, variations relativement faibles à cause de la la grande énergie cinétique emmagasinée et de leur rapidité. Néanmoins, l'arbre, les clavettes et manchons d'accouplement sont soumis à des efforts considérables ; les couples énormes qui s'exercent sur le rotor de l'alternateur sont partiellement transmis au rotor de la turbine

par l'arbre qui les relie ; les oscillations du premier entraînant des oscillations du second. Lorsqu'il n'y a pas d'élasticité interposée, le couple transmis est une fraction du couple exercé, d'autant plus grande que l'inertie du rotor de la turbine est plus grande. Supposons, par exemple, que le moment d'inertie du rotor de la turbine soit moitié de celui du rotor de l'alternateur, le couple maximum transmis par l'arbre est alors le tiers du couple maximum exercé par le stator sur le rotor de l'alternateur. L'arbre doit donc transmettre des couples 10, 20 ou 30 fois plus grands que le couple de pleine charge. Les efforts sur les clavettes et le manchon d'accouplement sont augmentés dans la même proportion. Ceci explique les ruptures qui ont pu se produire et montre pourquoi la vitesse linéaire de 25 m : sec est atteinte aujourd'hui dans les coussinets de ces machines.

L'arbre peut encore subir par moments des efforts de flexion dus à des différences entre les attractions magnétiques agissant sur le rotor, aux extrémités d'un même plan diamétral.

Dans le fonctionnement normal, les attractions magnétiques sur le rotor, dirigées de l'intérieur vers l'extérieur se font à peu près équilibre. Cet équilibre peut disparaître si le flux magnétique devient plus faible d'un côté que de l'autre, ce qui peut arriver si des courts-circuits partiels se produisent, sur une seule bobine par exemple, dans l'inducteur ou dans l'induit. Une bobine de l'inducteur étant en court-circuit, le flux de cette bobine disparaît, l'attraction magnétique devient prépondérante du côté opposé et l'arbre fléchit, le centre de gravité du rotor n'est plus alors sur l'axe de rotation, la force centrifuge qui en résulte exagère la flèche dont l'augmentation accroît encore la force centrifuge, etc.

Si le court-circuit a lieu sur une bobine d'induit, le flux dans cette bobine est presque nul. Comme elle est fixe, la flexion se fait dans un plan fixe, mais comme elle ne se produit que lorsqu'un pôle passe devant la bobine en court-circuit, le rotor vibre dans le plan considéré. Ici encore l'inertie s'ajoute à la force magnétique pour augmenter la flexion de l'arbre. Dans les deux cas, la limite d'élasticité de l'arbre peut être dépassée.

Dans un turbo-alternateur de quelques milliers de kilowatts, l'attraction magnétique périphérique totale est de l'ordre de 300 à 400 tonnes ; on peut donc évaluer à 100 tonnes la différence d'attraction possible à laquelle vient s'ajouter la force d'inertie.

Les arbres doivent être calculés en prévision de ces efforts anormaux.

Tout ce que nous venons de voir montre combien la substitution des turbo-alternateurs aux alternateurs volants réservait de surprises aux constructeurs et aux exploitants, et fait mieux apprécier l'importance des résultats obtenus. Il n'était pas sans intérêt de montrer le mécanisme des phénomènes observés et d'indiquer les moyens de remédier à leurs inconvénients.

P. Noël.

NOTES SUR LES RÉSULTATS D'EXPLOITATION DU CHEMIN DE FER DU SIMPLON

Sept ans se sont écoulés depuis la mise en exploitation du chemin de fer électrique du Simplon, dont le matériel fit l'objet d'études nombreuses à l'époque où il fut conçu et construit [1]. Les constatations auxquelles l'exploitation a donné lieu dans cet intervalle sont des plus instructives ; nous nous proposons d'en rendre compte ci-après, d'après un travail de M. Kilchenmann [2], en laissant toutefois de côté les quelques observations qui se rapportent à certaines défectuosités imputables au caractère provisoire des installations génératrices.

Ligne de contact. — *Construction générale.* — La ligne a jusqu'à présent donné de très bons résultats ; à l'exception de quelques points, dans le tunnel, l'entretien nécessaire en est tout à fait réduit. Cette constatation doit être signalée tout particulièrement, parce que l'on croit souvent que l'entretien d'une ligne diphasée présente des difficultés exceptionnelles, même lorsqu'il s'agit d'une ligne à basse tension.

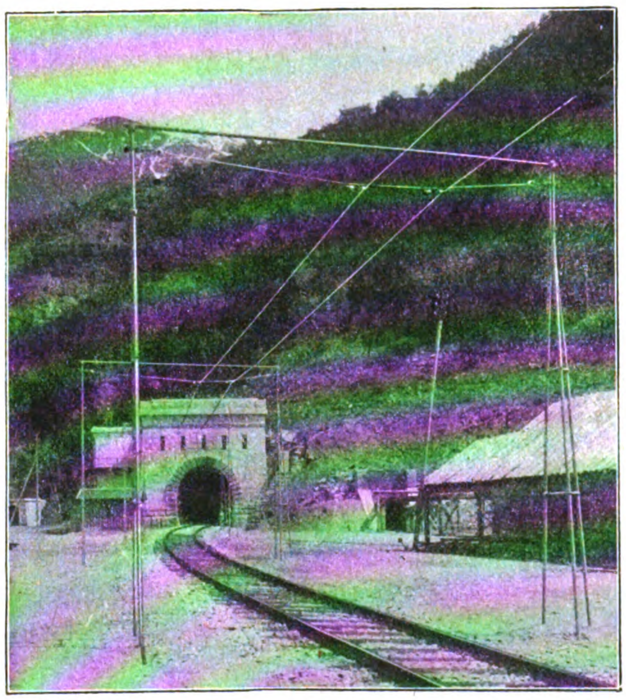


Fig. 1. — Entrée du tunnel du Simplon.

La ligne du Simplon ne possède pas de dispositif de

[1] Voy. notamment *L'Industrie Électrique*, 1909, pp. 100, 292 et 402, et 1911, p. 27.

[2] D'après B. Kilchenmann, *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, 24 juillet 1913, p. 429.

tension automatique; bien que les variations de température soient accentuées, l'on n'a cependant observé aucun dérangement du fait des dilatations des conducteurs de contact. Il est néanmoins nécessaire, à l'occasion des travaux à exécuter aux voies, de vérifier la position de la ligne aérienne et, au besoin, de la régler; cette vérification doit porter surtout sur les aiguillages. En ligne, de grands écarts entre la ligne de contact et la voie sont sans influence préjudiciable; la faible hauteur (elle est de 5,5 à 4,8 m seulement) à laquelle les fils de contact sont placés, est avantageuse à cet égard; les conditions deviennent naturellement plus défavorables à mesure que les hauteurs augmentent, parce que les oscillations de la locomotive pourraient faire dérailler dangereusement les archets de prise de courant.

Les travaux de revision réguliers auxquels est soumise la ligne de contact sont énumérés ci-après :

Au printemps et à l'automne, on procède à la vérification de tous les aiguillages des voies principales et des voies de garage, à l'aide d'une petite voiture à archet de prise de courant; en même temps, on examine les isolateurs des transversaux et des fils d'arrêt. Dans les tunnels, on procède en outre au nettoyage de chaque isolateur; à défaut de ce nettoyage, la suie et la poussière qui se déposent sur les pièces empêcheraient de reconnaître les tiges ou cloches d'isolateur défectueuses. Des décharges seraient alors inévitables, dans les parties humides du tunnel surtout.

Isolateurs. — Le type d'isolateur dont il est fait usage pour le fil de contact doit être considéré comme désavantageux, par suite de ce que les cloches en porcelaine sont placées horizontalement, et il sera nécessaire d'envisager l'adoption d'un type d'isolateur différent pour le nouveau tunnel en construction.

On doit également considérer comme un inconvénient du type d'isolateur existant, l'emploi de tiges en caoutchouc de fer. Si cette matière ne présente aucune difficulté à l'air libre, elle n'a, par contre, donné que des résultats très mauvais dans le tunnel et tout particulièrement dans les parties qui sont à la fois chaudes et humides.

Même avec des boulons en caoutchouc de fer qui étaient fournis pour des tensions de 15000 et 25000 volts, les résultats n'ont pas été satisfaisants. La destruction rapide des pièces dont il s'agit est imputable au fait qu'aussitôt que le dispositif est recouvert d'une couche de suie, des décharges superficielles se forment à la faveur de l'humidité et de la chaleur. Par suite de ces décharges, la suie et la poussière de charbon sont carbonisés dans la matière isolante; le passage du courant se fait alors facilement, et petit à petit la masse se détériore de plus en plus.

On a amélioré le système en remplaçant les tiges en caoutchouc de fer par un isolateur de porcelaine pourvu d'un rebord en forme d'assiette, mais l'emploi de ce système exigerait le remplacement complet de l'isolateur. Récemment, des essais ont également été effectués en remplaçant le caoutchouc de fer par le verre; bien que cette matière ne soit encore à l'épreuve que depuis peu de temps, il est permis de dire avec une certitude presque complète que le résultat sera favorable.

On a aussi essayé d'empêcher que la suie se dépose directement sur les boulons en caoutchouc de fer en

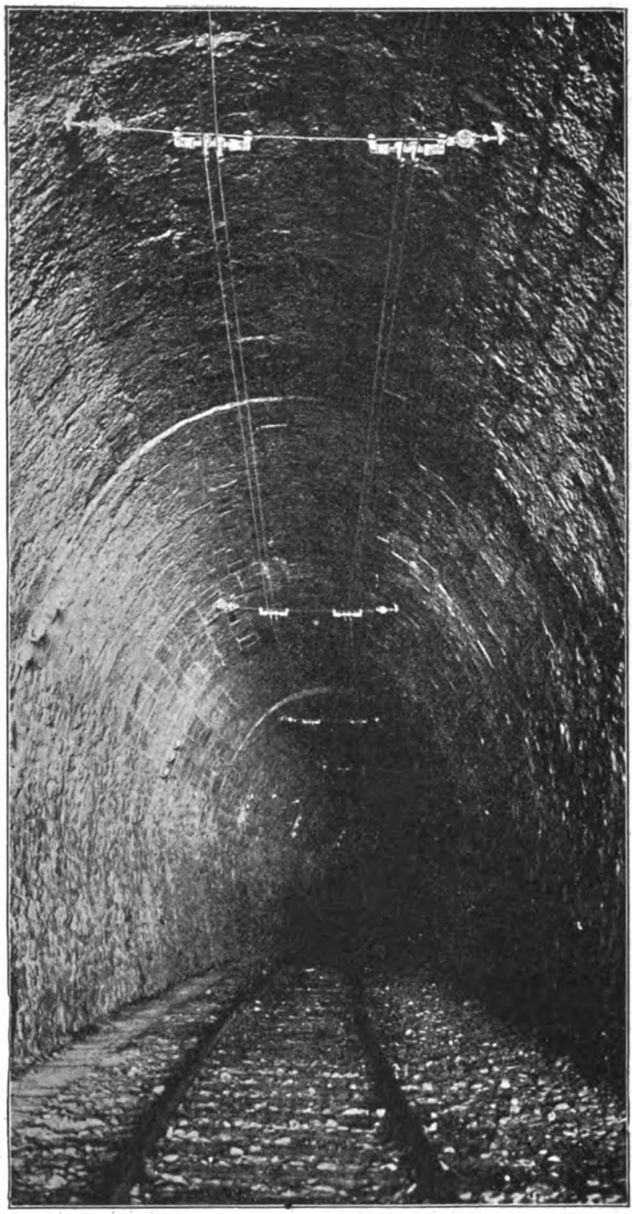


Fig. 2. — Disposition des fils à l'intérieur du tunnel.

fixant à ceux-ci un anneau en porcelaine; ce procédé n'a pas donné ce que l'on en attendait; lorsque l'anneau s'appliquait étroitement sur le boulon, la porcelaine se brisait en deux; lorsqu'il existait un intervalle entre les deux parties, l'eau de condensation ruisselait dans cet intervalle, et il se produisait encore une fois un courant de dérivation, qui entraînait une détérioration de la masse isolante.

Fil de contact. — D'une façon générale l'usure est

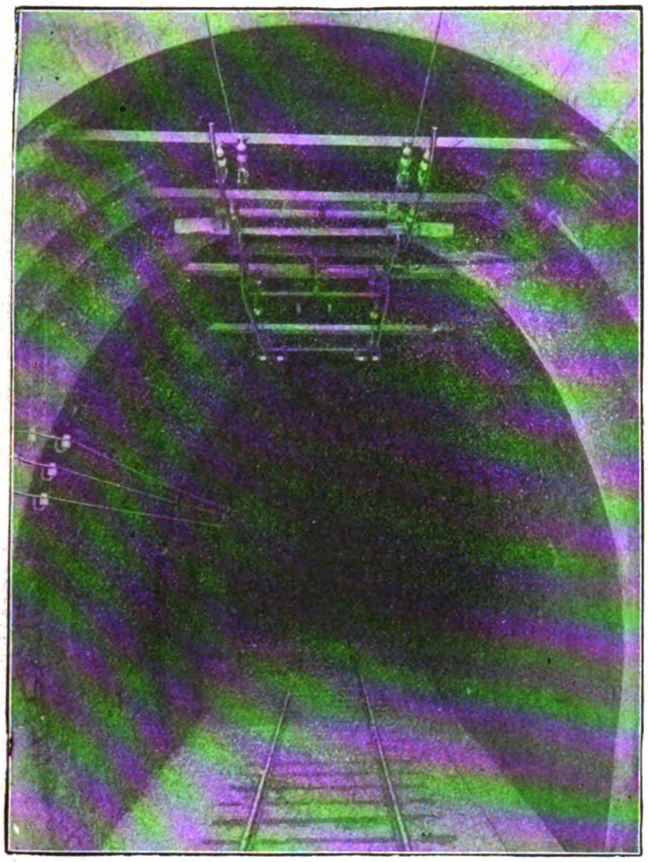


Fig. 3. — Autre disposition des supports des lignes à l'intérieur du tunnel.

faible; aux endroits où ne s'exerce aucune influence préjudiciable, elle peut être évaluée à 0,3 ou 0,4 mm, après 80000 passages de l'archet; elle va jusqu'à 0,7 à 0,8 mm en quelques points, où le fil est exposé d'une façon continuelle à l'action d'eaux corrosives; c'est aux mêmes points que l'on constate l'usure de rails la plus anormale.

Aux points d'attache on n'a pas remarqué d'usure exceptionnelle du fil de contact, bien que la suspension soit simple, sans fil porteur, avec des suspensions espacées de 25 à 30 mètres.

Il en est autrement du côté de la sortie méridionale du tunnel; le fil de cuivre y est fortement attaqué et détérioré par l'oxydation. Sur une longueur de 10 km, à partir du portique Sud, cette oxydation s'est propagée de telle façon que la ligne a dû être remplacée dans le courant de l'été 1912. Différentes conjectures ont été émises au sujet de cette forte oxydation; on a cru d'abord qu'il y avait là un effet de l'ozone, produit par les étincelles qui jaillissent parfois, entre les archets de prise de courant et les fils de contact, par suite de l'humidité de l'atmosphère. Il a été reconnu toutefois que cette hypothèse était inexacte. Il a pu être établi expérimentalement que l'oxydation de la canalisation aérienne provient principalement du dépôt de suie et de l'influence de l'air humide et chaud qui règne dans le tunnel. Pour porter remède au défaut constaté, il faudrait donc ou bien supprimer la traction à vapeur dans le tunnel, ou bien trouver un fil sur lequel les fumées n'agissent pas préjudiciablement. L'aluminium satisferait à cette condition; seulement les fils en aluminium pur offrent trop peu de résistance mécanique, et ce particulièrement vis à vis du frottement de l'archet de prise de courant; de plus, les fils d'aluminium, pur ou allié, ne peuvent être fournis en

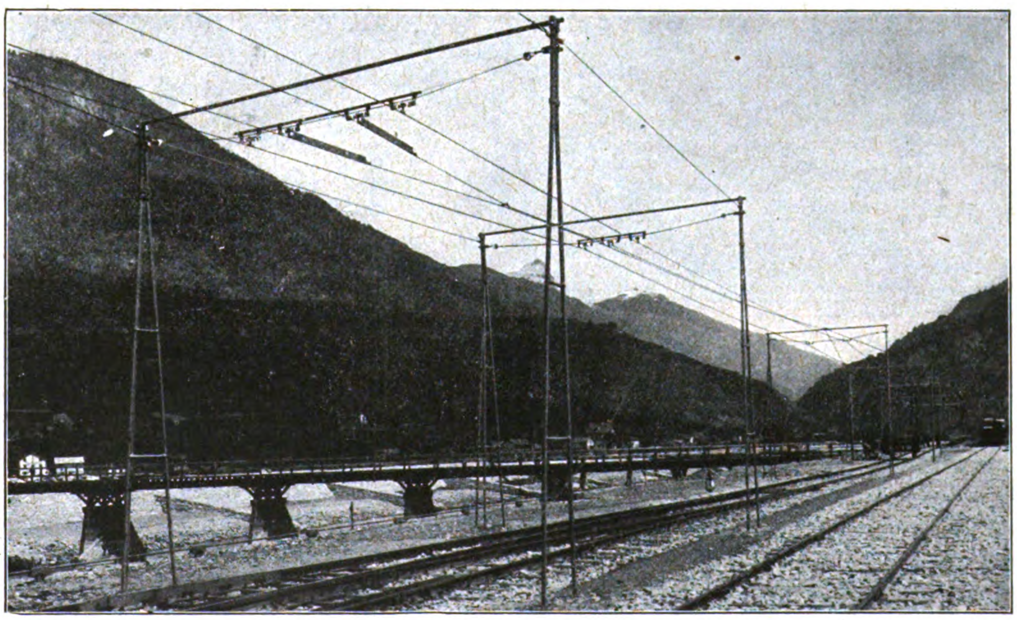


Fig. 4. — Les lignes aériennes à la sortie du tunnel (côté italien).

longueurs suffisantes; les fabricants n'en produisent que des longueurs de 150 à 250 m; la même remarque s'applique au cuivre étamé ou plombé; les difficultés et inconvénients qui en résultent pour le montage et pour

l'entretien de la canalisation sont tels que l'on doit renoncer à l'emploi des conducteurs dont il s'agit.

Il ne reste donc que la possibilité de faire un essai pratique sur l'emploi d'un fil recouvert d'une couche de couleur. Un essai a été entamé, dans cet ordre d'idées, il y a quelque temps, sur une petite section, mais il serait encore anticipé d'en tirer une conclusion définitive; nous pouvons dire, néanmoins, que, selon toute apparence, l'oxydation est tout à fait exclue et que l'on arrivera probablement au but visé.

En hiver, la formation de la glace dans le tunnel donne lieu à des ennuis, tout particulièrement au passage du premier train électrique.

Par suite de la congélation des eaux du côté nord, où l'air froid est introduit pour la ventilation, il se forme des glaçons (chandelles de glace) qui atteignent souvent, en peu de temps, plusieurs décimètres de longueur. Les archets de prise de courant abattent ces glaçons, mais il se produit facilement de ce fait des dégâts aux isolateurs de la ligne, aux archets de la locomotive et à la locomotive elle-même.

Pour empêcher la formation de glaçons, on fait en sorte, en hiver, que l'air frais n'arrive dans le tunnel qu'après avoir été échauffé dans les galeries latérales.

Joints électriques de rail. — La pâte métallique employée pour la confection des jonctions électriques de rails n'a pas donné de bons résultats dans les parties chaudes et humides du tunnel; on sait que ce produit s'applique entre les surfaces des abouts des rails et des éclisses, préalablement nettoyées à fond par un jet de sable. En présence de son insuccès, on doit y ajouter à présent des liaisons en cuivre supplémentaires. Le forage des trous nécessaires dans les rails se fait au moyen d'une foreuse pneumatique; l'air comprimé à 5-7 kg : cm², requis pour le fonctionnement de cette machine, est pris à la canalisation de freinage d'une locomotive.

L'emploi des jonctions en cuivre augmente la conductibilité des files de rails de 50 pour 100 environ.

Les locomotives. — *Remarques générales.* — Quatre locomotives électriques sont en service, deux d'ancienne construction, deux de nouvelle. Les deux premières, qui étaient primitivement destinées au chemin de fer de la

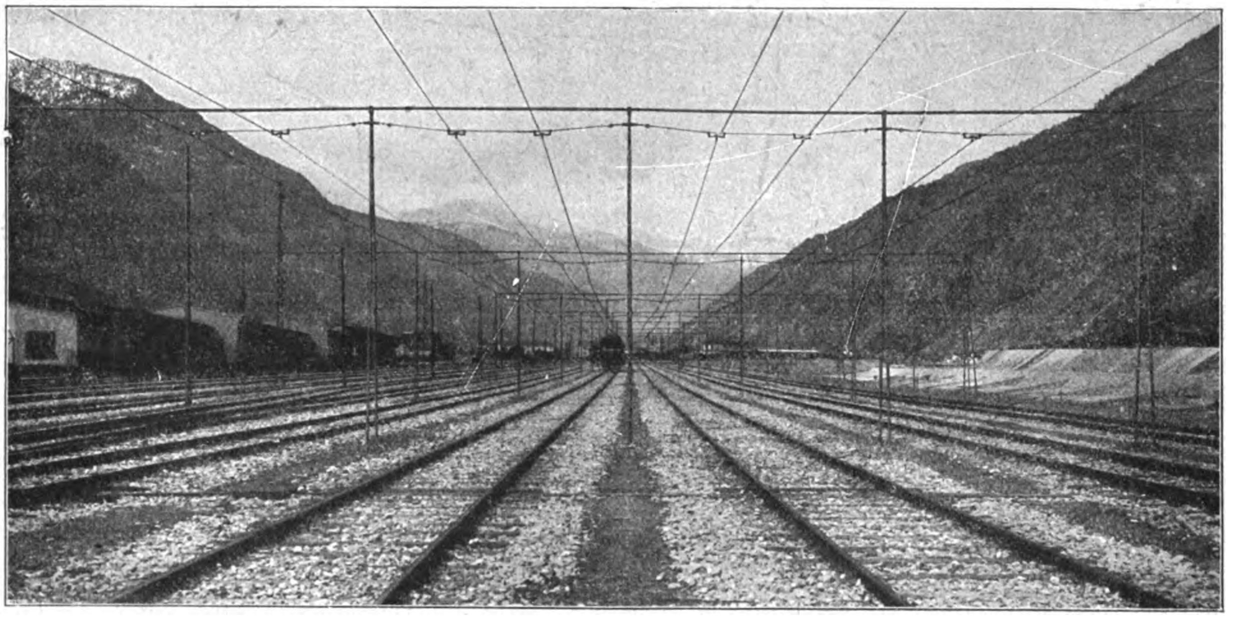


Fig. 5. — Organisation des lignes dans une gare.

Valteline, possèdent chacune deux moteurs à armature bobinée et pouvant fournir deux vitesses normales; les moteurs des deux locomotives de la nouvelle construction sont au contraire munis d'une armature en court-circuit et construits pour donner quatre vitesses normales.

Bien que les conditions de service soient très rigoureuses, ces machines se sont remarquablement comportées. La grande humidité qui règne dans le tunnel du Simplon, ainsi que les différences de température très marquées qui s'y produisent — en hiver, elles dépassent souvent 40° C en 10 minutes — se sont montrées préjudiciables; les pièces se recouvrent rapidement d'humidité. L'isolement a beaucoup souffert de ce chef; de graves inconvénients se seraient certainement produits si la tension normale de service avait dépassé 3300 volts.

Au début, jusqu'au moment où toutes les parties furent suffisamment isolées, on constata plusieurs fois, bien que la tension soit relativement basse, que des étincelles jaillissaient sur une longueur de 10 centimètres et plus; ces incidents n'occasionnèrent heureusement pas de trop grand dommage, parce que l'on coupait immédiatement le courant en rabattant rapidement les archets de prise de courant, de manière à leur faire quitter le fil de contact. L'emploi d'interrupteurs à huile permettrait pro-

bablement d'éviter complètement les dérangements de ce genre; mais la place nécessaire pour le montage d'instruments de cette nature fait défaut sur les locomotives du Simplon, de sorte que l'on a été obligé de se contenter d'un palliatif : on a enduit toutes les parties nues qui, sans servir de surface de contact, transportent le courant électrique, d'un vernis isolant. Les effets de la condensation ont ainsi été diminués d'une façon notable et les irrégularités ont disparu à peu près totalement.

Moteurs. — Les moteurs principaux ne demandent que très peu d'entretien; pour l'une des locomotives d'ancien type, la revision n'a été opérée qu'après un service de dix-huit mois, correspondant à un parcours de 60 000 kilomètres.

Pour les motors à rotor en court-circuit, la revision n'était pas encore indispensable après ce délai.

Il n'est pas désirable cependant de surseoir trop longtemps aux revisions périodiques, si l'on veut arriver à un haut degré de sûreté de service; dans les conditions existant pour le Simplon, la revision des moteurs devrait se faire régulièrement à intervalles de neuf à dix mois, de manière qu'entre les revisions générales de la locomotive, qui doivent réglementairement avoir lieu de trois en trois ans, les moteurs soient soumis à trois revisions intermédiaires.

Les appareils de commutation doivent être examinés plus fréquemment, mais cette opération peut se faire sans que la locomotive soit spécialement mise hors de service. Dans la plupart des cas, il sera possible de faire exécuter ces travaux secondaires par le personnel de la machine même.

Rhéostats. — Les résistances de démarrage employées pour les moteurs à rotor bobiné n'ont donné lieu à aucune remarque particulière, bien que la condensation et les grandes variations de température leur soient également défavorables.

Dispositifs de prise de courant. — Les dispositifs de prise de courant doivent être considérés comme l'une des parties importantes de la locomotive électrique. Sur les locomotives du Simplon, il est fait usage d'archets tubulaires, de section triangulaire, en laiton. Autrefois, la durée de ces archets correspondait à un service de 2000 à 2500 kilomètres environ; elle atteint aujourd'hui 6000 et même parfois 8000 km. Ce résultat a été obtenu en partie en modifiant la disposition de la ligne de contact. Auparavant, les fils de contact formaient des zigzags symétriques par rapport au milieu de l'archet et c'était naturellement dans la partie médiane que les frotteurs subissaient le maximum d'usure. Les fils de contact ont été déplacés latéralement de telle façon que les zigzags se trouvent aujourd'hui alternativement, sur une longueur de 1 km, à gauche et à droite de l'axe de l'archet. La largeur des zigzags a de ce fait été diminuée, mais aucun inconvénient n'en est résulté.

Il a été procédé récemment à un essai sur l'emploi de tubes d'archet en « Duraluminium », mais le résultat n'a pas été satisfaisant; il se produisait, entre le dispositif de prise de courant et le fil de contact, des étincelles assez intenses, qui étaient préjudiciables; malgré la plus grande épaisseur des tubes, la durée de l'archet était notablement moindre que celle des frotteurs en laiton.

Partie mécanique. — Pour ce qui est de la partie mécanique des locomotives, un intérêt tout particulier réside dans la façon dont se sont comportés les essieux creux Klien-Lindner, utilisés sur les nouvelles locomotives. C'est la première fois que ce système est employé pour des pressions aussi élevées que celles entrant en jeu en l'occurrence; il s'est comporté convenablement; il semble cependant ne pas être spécialement approprié aux pressions de 17 tonnes appliquées pour les locomotives du Simplon. La moindre usure des paliers entraînent, particulièrement dans le sens vertical, des chocs qui nuisent à la douceur de marche des locomotives, d'autant plus que la machine n'est pas suffisamment suspendue. Il est très probable que les conditions seraient plus favorables avec des moteurs surélevés; cette disposition serait meilleure aussi en ce qu'elle dégagerait la partie inférieure de la machine.

Rendement. — Jusqu'à l'époque sus-indiquée, le parcours mensuel maximum a été de 740 km par locomotive. Ce résultat peut être considéré comme étant tout à fait remarquable, si l'on tient compte de ce que le service se fait presque entièrement dans le tunnel et dans des conditions qui sont loin d'être avantageuses.

A raison du caractère provisoire de l'usine génératrice, les charges maxima des locomotives ont été fixées ainsi qu'il suit :

Locomotives.	364 et 365	366 et 367
	Tonnes.	Tonnes.
a. *Parcours dans la direction Brigue-Iselle :*		
1° Trains de marchandise.	600	600
2° Trains de voyageurs.	350	350
b. *Parcours dans la direction Iselle-Brigue :*		
3° Trains de marchandise.	430	450
4° Trains de voyageurs.	330	330

Les locomotives sont suffisamment puissantes pour remorquer des charges plus grandes, mais la capacité des usines génératrices ne permet pas de les leur donner. Pour la même raison, il n'a pas été possible jusqu'ici d'appliquer la double traction, au moyen de deux locomotives électriques.

La consommation d'énergie est en moyenne de 33 à 35 watt-heures par t : km, y compris le poids des locomotives; cette consommation est relativement élevée, mais cela provient de la grande résistance que les trains rencontrent dans le tunnel, par l'effet de l'air. Cette résistance est telle qu'un train abandonné sur la rampe de 7 : 1000 dans la direction de Brigue-Iselle, donc dans la direction où se fait la ventilation, ne dépasse pas, sous l'action de la pesanteur seule, une vitesse de 60 km à

l'heure; le profil du tunnel étant relativement petit, le train y agit en quelque sorte comme un piston, non complètement étanche, dans un cylindre. Les conditions s'amélioreront sensiblement par la construction du second tunnel, parce que les galeries transversales permettront à la pression de s'égaliser entre la pointe et la queue. Lorsque le train marche dans la direction opposée à celle de la ventilation, la résistance de l'air augmente encore; elle devient alors si grande qu'elle atteint par exemple 11 kg par tonne à la vitesse de 70 km à l'heure.

HENRY.

EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE BALE

La ville de Bâle, qui exploite elle-même ses usines électriques, avait organisé une exposition dans le but de faire de la propagande pour l'emploi de l'électricité.

Cette exposition, qui embrassait tous les emplois de l'électricité, dans les habitations, la petite industrie et l'agriculture, a été ouverte du 9 août au 15 septembre; elle a eu le plus vif succès.

Le catalogue, outre la nomenclature des objets exposés, donne une courte notice sur les principales inventions concernant l'électricité, une étude des grandeurs, l'historique du développement des usines de la ville, les tarifs de vente de l'énergie à Bâle et une note sur l'emploi de l'électricité dans un ménage et ses avantages hygiéniques et économiques.

En 1899, la ville avait installé une usine contenant 3 groupes de 220 kw actionnés par moteurs à gaz; ces groupes alimentaient une sous-station, dans laquelle était installée une batterie d'accumulateurs, qui desservait un réseau à 3 fils, 2×220 v; successivement on installa un nouveau groupe de 220 kw et une machine à vapeur de 1000 chevaux.

En 1903, la ville passa, avec la Société de transmission d'énergie de Rheinfelden, dont l'usine hydro-électrique est située sur le Rhin, à environ 16 kilomètres en amont de Bâle, un marché pour la fourniture d'une puissance maximum de 1500 kilowatts, sous forme de courant triphasé à 6000 volts; elle installa des transformateurs et deux nouveaux réseaux, l'un à 500 v pour les gros moteurs, l'autre à 380/220 v pour l'éclairage des faubourgs, ainsi que des commutatrices desservant le réseau d'éclairage à courant continu du centre de la ville.

Deux turbo-alternateurs de 2000 et 3000 kw furent installés dans l'usine de la ville pour servir de réserve et venir en aide au moment des fortes charges.

Le 1er septembre 1912, on mit en service l'usine hydro-électrique d'Augst, que la ville avait fait construire sur le Rhin à environ 8 kilomètres en amont. L'usine d'Augst, d'une puissance de 15000 chevaux, alimente la ville avec du courant triphasé 7000 volts, et les machines thermiques de l'ancienne usine servent de réserve.

La fourniture d'énergie dans la ville, qui était de 554400 kw-h en 1900, a été de 13545712 kw-h en 1911 et de 21823328 kw-h en 1912.

D'après les résultats de l'exploitation de l'usine d'Augst, pendant les 6 premiers mois de l'année courante, on estime qu'elle fournira en 1913 à peu près 45 millions de kw-h, tant au canton de Bâle-Ville qu'à celui de Bâle-Campagne.

Au 1er juillet 1913, les usines municipales desservaient 125195 lampes à incandescence, 1368 lampes à arc et 3000 moteurs, ayant ensemble une puissance de 15428 chevaux.

A cette date les prix de vente de l'énergie électrique furent abaissés et l'on mit en vigueur les tarifs suivants :

1° ÉCLAIRAGE AU COMPTEUR. — *Tarif a.* — 50 centimes le kw-h, avec rabais suivant la consommation annuelle.

Tarif b. — 20 centimes le kw-h pendant le jour (par exemple en janvier de 9 heures du matin à 4 heures de l'après-midi) et 50 centimes le reste du temps.

Tarif c. — 60 centimes le kw-h, le soir, pendant les heures de forte charge (de 6 1/2 à 10 heures, du 1er avril au 31 août, et de 4 1/2 à 9 heures du 1er septembre au 31 mars), et 20 centimes pendant le reste du temps.

Le tarif *a* est avantageux pour les petits ménages, car la location du compteur, qui est fourni par la ville, est moins élevée que dans le cas des tarifs *b* et *c*.

Le tarif *b* est avantageux pour les maisons de commerce qui ont des lampes brûlant toute la journée ou bien qui ont des petits moteurs branchés sur les réseaux d'éclairage.

Le tarif *c* est adopté par les grands propriétaires, les hôtels, restaurants, etc., qui s'éclairent encore tard le soir ou de bonne heure le matin.

2° ÉCLAIRAGE PAR ABONNEMENT. — Les particuliers habitant des appartements de moins de 4 pièces peuvent payer une somme fixe par lampe et par an. La redevance annuelle varie entre 10 francs pour une lampe de 16 bougies et 25 francs pour une lampe de 50 bougies, si celle-ci est installée dans une cuisine, une salle à manger ou un local servant à la fois de cabinet de travail et de chambre à coucher, et respectivement de 5,5 fr, 15 fr par an, si la lampe est placée dans un salon, une chambre à coucher, une salle de bains, un cabinet d'aisances, etc.

Pour l'éclairage automatique des escaliers, on paie une redevance annuelle variant de 46 à 156 francs suivant qu'il y a de 3 lampes de 16 bougies à 7 lampes de 32 bougies; dans ce prix sont compris la fourniture, l'entretien et le réglage du mouvement d'horlogerie assurant la mise en circuit et hors circuit des lampes.

Les lampes s'allument automatiquement à la tombée du jour et restent allumées jusqu'à 9 heures. Après il suffit de presser sur un des boutons placés à la porte d'entrée ainsi qu'aux divers étages pour que les lampes s'allument pendant environ 3 minutes; bien que ce

système ait été introduit depuis peu à Bâle, il y a déjà plus de 300 abonnés.

3° ÉNERGIE MOTRICE. — Le prix du kw-h varie de 20 à 8 centimes, avec rabais pouvant atteindre 30 pour 100 suivant la durée moyenne d'utilisation annuelle (nombre de kw-h divisé par la puissance installée en kw).

Les grandes fabriques, et particulièrement celles qui consomment beaucoup d'énergie aux heures de faible charge du réseau, peuvent obtenir des prix encore moindres.

L'exposition comportait une partie rétrospective, consacrée à la construction des machines électriques et à l'éclairage; on y remarquait divers appareils construits par l'ingénieur bâlois Émile Burglin, un des pionniers de l'électricité, qui a obtenu une médaille d'or à l'Exposition d'électricité de Paris en 1881, ainsi que le premier compteur à champ tournant, breveté en 1888 par le docteur E. Borel de Cortaillod, etc.

20 étudiants étaient chargés, sous la direction de M. le professeur Hagenbach, de faire à tour de rôle des conférences sur l'électricité avec de nombreuses expériences.

On avait pris des dispositions très intéressantes pour bien faire saisir au public ce qu'est un kilowatt et un kilowatt-heure.

32 lampes de 25 bougies étaient installées sur un tableau et les visiteurs pouvaient les allumer en pressant sur un bouton, en même temps un wattmètre indiquait que la puissance dépensée était de 1 kw et une inscription indiquait que l'énergie consommée par heure était de 1 kw-h.

Une pompe centrifuge actionnée par un moteur électrique consommant une puissance de 1 kw élevait de l'eau d'un bassin à une hauteur de 1,50 m et elle y retombait en cascade lumineuse.

25 séries d'objets les plus divers, fabriqués dans des ateliers et des entreprises bâloises, en consommant une énergie motrice de 1 kw-h, étaient exposées; il y avait par exemple : une plaque de marbre de 0,65 m², qui avait été débitée et polie, un tronc de chêne de 2,6 m de long qui avait été scié trois fois dans le sens de sa longueur. Un arbre de 520 mm de longueur et 77 mm de de diamètre qui avait été tourné dans une tige d'acier de 100 mm de diamètre, 42 vis de 20 mm de longueur, 80 kg de café moulu, etc....

Les industriels et commerçants de la ville s'étaient entendus pour présenter au public des installations complètes de pièces d'appartement, salon, salle à manger, salle de bains, etc., dans lesquelles l'électricité était autant que possible employée. Il y avait également un cabinet de médecin avec installation pour la production des rayons X, un cabinet dentaire, etc.

Dans la partie de l'exposition consacrée à l'agriculture, le public se pressait pour voir une installation où l'on trayait des vaches au moyen d'appareils dans lesquels le vide était fait par une pompe actionnée par un moteur électrique.

Une fabrique d'eau gazeuse, une pâtisserie, une fabrique de bonbons, mues par l'électricité, fonctionnaient sous les yeux du public.

Le clou de l'exposition était un restaurant de 500 couverts, dans lequel la cuisine était faite entièrement à l'électricité sous les yeux des consommateurs, dans des fours, sur des grils, dans des récipients munis de résistances de chauffage, installés par les principaux fabricants d'appareils de chauffage électrique de la Suisse et de l'étranger; l'eau chaude pour le lavage des assiettes, etc., était fournie par des réservoirs à chauffage électrique, dans lesquels un dispositif coupait le courant dès que l'eau a atteint une température fixée.

Le restaurant et un grand nombre de stands de l'exposition étaient éclairés au moyen des lampes avec réflecteur Indra de la fabrique Riller et Uhlmann de Bâle, donnant une lumière diffuse très agréable. Au-dessous de la lampe est disposée une sorte d'assiette formée d'anneaux en verre dépoli inclinés dans un sens et d'anneaux en verre clair inclinés dans l'autre sens; les rayons réfléchis de la lampe traversent les anneaux en verre clair et les rayons directs traversent les anneaux en verre dépoli.

F. LOPPÉ.

PROCÉDÉS DE SOUDURE ET DE BRASURE

ET LEUR

APPLICATION PARTICULIÈRE AUX TOLES

Les pièces destinées à être soudées étaient autrefois de préférence en fer puddlé. Cette qualité de fer coûtant actuellement assez cher, on emploie aujourd'hui presque exclusivement de l'acier Martin extra-doux, ayant une résistance à la traction de 35 à 40 kg par mm². Un métal plus dur ne peut être employé qu'avec de grandes précautions. La teneur en phosphore ne doit pas dépasser 0,5 pour 100, celles du cuivre et du soufre seront très faibles et celle du manganèse supérieure à 0,40 pour 100. La teneur en carbone doit être de 0,2 à 0,3, au maximum 0,5 pour 100. Les principaux procédés de soudure sont les suivants [1]:

1° Soudure par l'arc électrique procédé Bernardos, dans lequel l'un des pôles est relié à la pièce à souder et l'autre à une baguette de charbon.

Procédé du docteur Zerenos dans lequel les deux pôles sont reliés à des baguettes de charbon et l'arc attiré sur la pièce à souder par un aimant.

[1] *Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen.* — *Revue de la Métallurgie*, n° 5, 1913.

2° Soudure électrique système Slavianoff dans lequel l'un des pôles de la dynamo est relié à la pièce à souder et l'autre à une baguette du même métal de 8 à 10 mm de diamètre. L'intensité du courant varie de 400 à 600 ampères sous 65 volts suivant l'épaisseur de la pièce ; l'arc doit avoir 10 mm de longueur. La soudure des métaux difficilement fusibles s'exécute en reliant le pôle positif à la pièce; l'inverse a lieu pour le cuivre et la fonte. Ce procédé convient à la réparation des pièces venant de fonderie ou de forge cassées ou défectueuses.

3° Soudure par résistance ohmique système Thomson, pour les tubes, barres, châssis, bandages, corps de roues, maillons de chaînes, etc. Les pièces à souder sont chauffées par le passage d'un courant alternatif sous une tension de 1 à 3 volts et fortement serrées l'une contre l'autre.

4° Soudure ponctuelle électrique, variante de la précédente, utilisant un courant alternatif à 2 volts ; elle s'applique à la soudure par recouvrement des tôles minces.

5° Procédé Goldschmidt consistant à couler de la fonte fortement surchauffée entre les extrémités à souder préalablement entourées d'un moule.

6° La soudure autogène oxyacétylénique ou oxhydrique employée surtout pour les tôles minces. Ce mode de soudure a pris une grande extension ces dernières années grâce aux multiples avantages qu'il présente.

7° La soudure au gaz à l'eau produit par une arrivée de vapeur d'eau sur une colonne de coke incandescent, et amené sous pression ainsi que l'air dans une chambre du brûleur où s'effectue le mélange.

8° La brasure des tôles minces jusqu'à 6 et 8 mm.

Des essais portant sur un grand nombre d'éprouvettes découpées dans des pièces soudées par les divers procédés ont donné les résultats suivants :

PROCÉDÉ DE SOUDURE EMPLOYÉ.	MÉTAL.	RÉSISTANCE ET ALLONGEMENT DES SOUDURES EN POUR 100 DES CARACTÉRISTIQUES DE LA TOLE PLEINE.		
		RÉSISTANCE DES PAROIS.	RÉSISTIVITÉ.	ALLONGEMENT A LA RUPTURE.
Arc électrique procédé Slavianoff	Fonte.	»	77	100
— —	Acier extra-doux	»	76	29
— —	Acier moulé.	»	91	47
Soudure par résistance. Thomson	Fer de forge.	»	74	10
Soudure électrique ponctuelle, une rangée	Tôle acier extra-doux.	»	65	9
Soudure électrique ponctuelle, deux rangées	—	»	90	23
Soudure oxyacétylénique, un seul côté de la tôle, non martelée	—	90,5	77,5	14,5
Soudure au gaz à l'eau, martelée par recouvrement	—	94,6	103,5	79,9
Brasure par recouvrement . . .	—	100	100	100

La brasure bien faite peut être plus résistante que la tôle pleine. M. A.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 3 novembre 1913.

Sur un voltmètre statique à lecture directe, destiné à la mesure de très faibles courants, par M. B. Szilard. — Dans une note précédente [1] j'ai décrit un électromètre très sensible dont l'aiguille reposait sur un axe pivotant sur pierres; l'aiguille étant au potentiel de la cage, il était possible de disposer dans son voisinage immédiat une échelle circulaire fixe.

En m'inspirant de ces mêmes principes, j'ai réussi à construire un autre appareil d'une forme plus réduite, d'une robustesse et d'un montage supérieurs, et plus sensible au potentiel que le précédent.

Description. — L'appareil ne porte qu'un seul *cadran* (fig. 1 et 2) constitué par une paire de secteurs S soigneusement isolés. Un pont PP maintient le petit axe X entre deux rubis. Cet axe, long de 5 mm, porte en son milieu une aiguille I d'une longueur totale de 55 mm environ et dont l'une des ailes a la même forme circulaire que l'aiguille de Lord Kelvin, l'autre étant droite et pointue. Un spiral fixé sur l'axe X sert de couple antagoniste. Dans la position de repos, l'aiguille n'est que très légèrement engagée entre les deux secteurs du cadran. Ces secteurs sont en acier trempé et aimanté, et constituent le système d'amortissement. Par contre, à part ces secteurs, il n'y a aucun organe de l'appareil qui soit construit en matière magnétique.

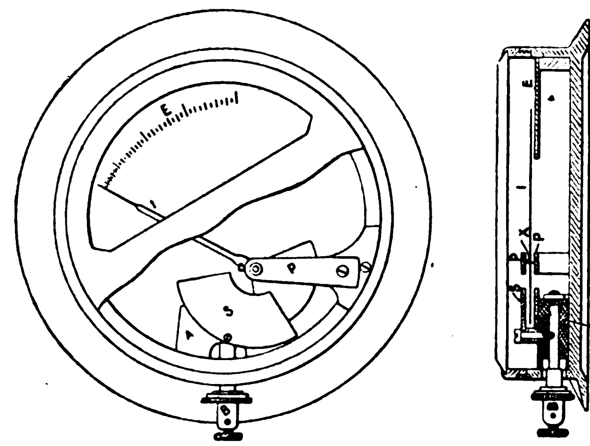


Fig. 1. Fig 2.

Fig. 1 et 2. — Grandeur : 2/3 de la grandeur naturelle.

Montage. — L'ensemble de l'aiguille du système chargé et de l'isolant est enfermé dans une cage métallique très plate et il ne sort de la cage, par une petite ouverture pratiquée sur la paroi de l'appareil, qu'une tige reliée électriquement au secteur; l'isolant A est monté de telle façon qu'il est impossible de le toucher; il n'est même pas visible de l'exté-

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 779.

rieur, de sorte qu'il est protégé contre toutes détériorations par l'humidité, la poussière ou la lumière. La tige B, reliée aux secteurs S et sortant de la cage, porte un petit chapeau métallique coulissant qui permet de fermer l'appareil lorsqu'on ne s'en sert pas et de protéger ainsi parfaitement l'intérieur en même temps qu'il relie le secteur à la cage. La tige B porte en outre à son extrémité une petite borne permettant de fixer le fil conducteur venant de la source électrique.

La plaque métallique qui couvre par en haut le mécanisme, offre la protection électrostatique nécessaire. Une petite borne fixée sur la cage permet de relier celle-ci au sol. L'aiguille se déplace le long et dans le voisinage direct d'une échelle circulaire fixe E, offrant comme système de lecture exactement le même aspect qu'un voltmètre ordinaire. Les dimensions de l'appareil sont réduites à un diamètre de 10 cm et à une hauteur de 2,5 cm.

L'appareil ainsi monté est aussi robuste qu'un voltmètre ordinaire; son aiguille étant excessivement légère, ne nécessite même pas de calage et, comme *elle ne porte pas de charge*, elle ne peut pas être déréglée par une fausse manœuvre.

Sensibilité. — Tout en conservant le même montage, l'appareil peut être construit pour différentes sensibilités, le modèle courant ayant une capacité moyenne de 6 U.E.S. et une échelle de 100 à 300 volts, correspondant à 90°.

L'ordre de grandeur de l'intensité de courant pratiquement nécessaire pour les mesures est de 10^{-12} ampère. D'autres modèles, qui ne diffèrent que par la force du spiral seule, ont une étendue respective d'échelle allant jusqu'à 10000 volts et plus.

Dans le modèle destiné à la mesure de faibles tensions (jusqu'à 300 volts), l'aiguille est complètement amortie. L'appareil permet des observations avec une précision de 2 pour 100.

Emploi. — Cet appareil remplace très avantageusement à la fois les électroscopes et les voltmètres statiques dans toutes leurs applications et les électromètres dans beaucoup de cas et peut servir, grâce à sa sensibilité, à toutes observations d'électricité atmosphérique, de courants d'ionisation, mesures de faible conductibilité, etc., de même qu'à toutes mesures de potentiel d'un courant quelconque. Il m'a permis entre autres la détermination de la charge due au frottement des isolants.

Sa commodité de lecture et sa robustesse permettent de l'employer dans des conditions défavorables où la mesure à l'aide d'autres appareils serait impossible.

Influence de divers métaux sur les propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone, par MM. Eugène-L. Dupuy et A. Portevin. — Les recherches faisant l'objet de cette note ont eu pour but d'étudier les modifications apportées aux propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone par la présence des métaux habituellement employés pour la préparation des aciers spéciaux, c'est-à-dire le manganèse, le silicium, l'aluminium, le chrome, le tungstène, le molybdène. Elles font suite au travail déjà publié relatif à l'influence du nickel [1]. Le dispositif expérimental fut d'ailleurs le même et a été décrit à cette occasion.

Les alliages, au nombre de 60 (soit : Fe-C-Cr 17, Fe-C-Mn 4, Fe-C-Al 7, Fe-C-Si 7, Fe-C-Tu 10, Fe-C-Mo 8), se répartissent en deux groupes de teneur en carbone voisine de 0,15 pour 100 et 0,80 pour 100, sauf pour la série Fe-C, dont la teneur varie de 0 (fer électrolytique pur) à 1,6 pour 100. Ils ont été expérimentés sous deux états :

1° Après un recuit de 3 heures à 900°-1000°, le refroidissement ayant duré environ 8 heures;

2° Après trempe à partir de 1000° dans l'eau à 14°. La température de chauffage a été choisie aussi élevée afin de faciliter la mise en solution des carbures.

On a mesuré, dans chaque cas, le pouvoir thermo-électrique moyen par rapport au plomb entre — 78° et 0° et entre + 100° et 0°.

On trouvera ces analyses et les résultats numériques, trop nombreux pour être insérés ici, dans un autre Recueil.

Si l'on construit, pour les échantillons de chaque série de même teneur en carbone, les courbes représentant la variation du pouvoir thermo-électrique moyen en fonction de la teneur en métal ajouté, on constate que, presque toujours, la trempe diminue le pouvoir thermo-électrique, l'écart entre les résultats trouvés pour les alliages recuits et trempés étant très faible pour ceux renfermant une notable proportion de chrome ou de tungstène. L'étude de la résistance électrique avait déjà donné des résultats analogues [2]. Cet écart est en général plus important

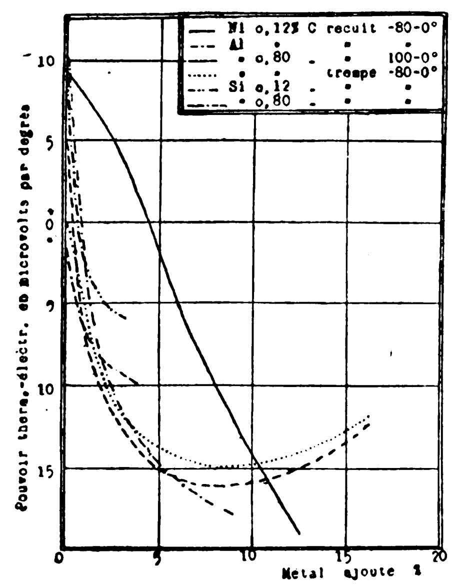


Fig. 1.

pour les séries à forte teneur en carbone, montrant ainsi l'influence de la mise en solution solide de ce métalloïde par trempe.

De plus, ces courbes, d'après leur allure générale, peuvent se diviser en deux groupes :

(1) E.-L. Dupuy et A. Portevin, *Comptes rendus*, t. 155, 25 novembre 1912, p. 1082.

(2) A. Portevin, *Revue de Métallurgie*, t. VI, 1909, p. 1304.

1° Les métaux tels que le manganèse, le silicium, l'aluminium donnent une courbe continue, s'abaissant tout de suite très rapidement, et rappelant la forme d'un U, ou tout au moins de la première branche d'un U, dans les cas où l'on n'a pu explorer les teneurs élevées en élément étranger. C'est la forme déjà observée pour les aciers au nickel irréversibles (fig. 1).

D'après ce qu'on sait sur les relations entre la forme de ces courbes et la constitution chimique [1], cette allure correspond aux solutions solides. Elle indique donc que ces métaux, tout au moins dans les limites des teneurs étudiées, forment des solutions.

2° Pour les métaux tels que le chrome, le tungstène, le molybdène, il y a d'abord abaissement brusque de la courbe, ce qui indique comme précédemment une mise en solution solide, puis un relèvement qui semble correspondre à la saturation de cette solution. (Courbes en

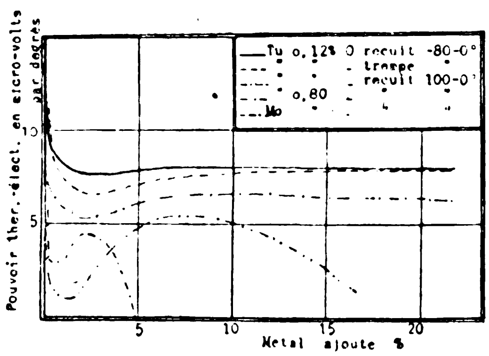


Fig. 2.

en forme de S couché, fig. 2.) Or, on sait que ces trois métaux sont parmi ceux qui, ajoutés en quantité suffisante à un alliage fer-carbone assez riche de ce métalloïde, donnent naissance à des carbures. On pourrait donc avoir de cette façon une idée de la limite de la solubilité à l'état solide des métaux dans les alliages Fe-C, les carbures s'isolant, lorsque la saturation est atteinte, soit comme constituant de la perlite, soit comme constituant extra-eutectique.

Contribution à la critique des expériences sur l'action de l'électricité atmosphérique sur les plantes, par M. Pierre Lesage. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 10 *novembre* 1913

Pas de communication présentant un caractère électrique.

[1] Haken, *Ann. der Phys.*, 4e série, t. XXXII, 1910, p. 291 ; W. Broniewski, *Revue de Métallurgie*, t. VII, 1910, p. 341.

Séance du 17 *novembre* 1913.

Sur un nouveau dispositif de lampe à mercure, immergée et à lumière pratiquement froide, par MM. Billon-Daguerre, L. Medard et H. Fontaine [1]. — Le but que nous nous sommes proposé d'atteindre est de réaliser une nouvelle combinaison de lampe à arc au mercure pouvant utiliser beaucoup d'énergie dans un espace aussi réduit que possible, sans dégager de chaleur rayonnante appréciable, et pouvant remplacer, en tant qu'intensité lumineuse, les puissants arcs à charbons brûlant à l'air libre.

Description. — La lampe est composée principalement d'un tube cylindrique ou méplat, en U renversé, dont les branches sont recourbées et terminées par des tubes recevant les électrodes ; le tube en U qui constitue la lampe proprement dite est placé à l'intérieur d'un flacon de forme spéciale, avec un long col vertical fermé par un bouchon rodé. Le tout est en quartz fondu, *pur* et transparent ; les électrodes en métal *invar* de M. Guillaume. La paroi du flacon, du côté opposé à celui où l'on doit employer la lumière, a une forme de paraboloïde ; on peut l'argenter, platiner ou émailler, de sorte qu'on forme ainsi un réflecteur destiné à concentrer les rayons lumineux sur l'objet à éclairer.

Le tout est immergé dans une cuve à eau, soit en verre, soit métallique, avec viseurs plats ou lenticulaires, un de ces viseurs pouvant d'ailleurs être constitué par le condensateur de lumière proprement dit.

Cette lampe fonctionne sur courant continu : elle est capable d'absorber 18 ampères, avec 70 volts aux bornes, ce qui représente une puissance de 1250 watts ; son intensité lumineuse est d'au moins 3000 bougies décimales, chiffre qu'on arrivera certainement à dépasser.

Quand on ne dispose pas de courant continu, on est obligé de redresser le courant alternatif ; c'est ainsi que fonctionne la lampe qui est allumée devant vous, alimentée par un redresseur de courant.

Avantages et applications. — La lumière à la sortie de la cuve peut être considérée comme pratiquement froide : cette lumière, condensée sur une vue de film en celluloïd, indéfiniment, ne produit ni échauffement, ni déformation de la partie fixe éclairée.

Dans l'enseignement technologique, cela permettra au professeur de laisser fixe une vue intéressante, ou de dérouler lentement un film, pour expliquer les diverses phases d'un mouvement quelconque.

De même pour la microscopie ou la microphotographie, on n'aura pas à craindre la destruction des préparations.

D'autre part, le point lumineux est absolument fixe ; il n'y a plus à s'occuper de la lampe, une fois qu'elle est allumée, contrairement à ce qui a lieu avec une lampe à arc ordinaire à charbons, où il faut régler à la fois l'écartement des charbons et la position du point lumineux par rapport au système optique.

[1] Cette lampe nouvelle a fait également l'objet d'une communication à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale ; elle a été présentée à la Société des Ingénieurs civils, le 21 novembre, par M. Berthelot.

Cette lampe peut d'ailleurs servir de génératrice de rayons ultraviolets pour la stérilisation des liquides.

L'économie de courant réalisée, à puissance lumineuse égale, sur un arc ordinaire à charbons, est d'au moins 50 pour 100.

Nous citerons également comme applications possibles : éclairage des bouées marines, lanternes puissantes pour scaphandriers, photographies sous-marines, travaux sous-fluviaux, stérilisation des eaux, stabulation des huîtres.

Nous avons pensé apporter ainsi à la Science un nouveau dispositif d'éclairage puissant, trouvant son application dans les recherches scientifiques en général.

Sur les couples à flammes, par M. G. Moreau. — J'ai réalisé avec des flammes pures ou chargées de vapeurs salines, des couples comparables aux piles voltaïques à un ou deux liquides et aux séries à concentrations.

I. La combinaison la plus simple s'obtient en disposant dans la flamme d'un bec Bunsen deux lames de platine, l'une nue, l'autre recouverte d'un dépôt susceptible d'émettre à chaud beaucoup de corpuscules négatifs. Il est réalisé par fusion de quelques milligrammes d'un sel alcalin [1] ou par vaporisation de quelques gouttes d'une solution d'un sel alcalino-terreux qui laisse une mince couche d'oxyde. Les deux lames servent d'électrodes au couple platine nu-flamme pure-platine sensibilisé. Si on les réunit, on observe un courant qui, dirigé du platine sensibilisé au platine nu, à travers la flamme, transporte les ions négatifs de celle-ci sur le dépôt. Ce courant, de l'ordre du 1/10 de micro-ampère, est remarquablement constant lorsque l'épaisseur du dépôt est suffisante. Il n'y a aucune trace de polarisation.

Les deux électrodes portées à l'incandescence émettent des corpuscules avec des vitesses différentes; l'électrode sensible étant la plus active, il faut, dès qu'elles sont réunies, qu'un champ électrique s'établisse de façon à compenser la différence d'émission par un transport des ions négatifs de la flamme vers le dépôt. Si E est la force électromotrice du couple, le platine nu étant positif, J_c, J_p la demi-force vive moyenne normale d'un corpuscule de charge e qui sort du dépôt et du platine, la compensation exige qu'on ait sensiblement

$$E=\frac{J_c-J_p}{e}. \tag{1}$$

Avec des électrodes à 1400° absolus, j'ai trouvé pour E les valeurs suivantes :

		Volt.
Couple à électrode recouverte de	CaO	0,55
—	BaO	0,70
—	SrO	0,54
—	K^2CO^3	0,68
—	Na^2CO^3	0,69
—	$RbCl$	0,56

II. Si l'électrode de platine nu d'un couple est assez refroidie pour que J_p s'annule, la force électromotrice E_1 doit augmenter d'après (1) et être donnée par la formule (2)

$$E_1=\frac{J_c}{e}. \tag{2}$$

On réalise un tel couple à électrode positive froide avec un tube de platine refroidi par un courant d'air qu'on associe avec une des électrodes sensibles maintenue à 1400°.

Avec la série Pt froid-flamme pure-Pt recouvert de CaO, j'ai obtenu

$$E_1=1,16 \text{ volt}.$$

Si dans ce couple à électrode froide on substitue à l'électrode sensible une lame de platine nu à 1400°, on obtient la série Pt froid-flamme pure-platine chaud signalée, il y a déjà longtemps, par Becquerel, Buff, etc.

Sa force électromotrice est

$$E_2=\frac{J}{e}, \tag{2}$$

j'ai trouvé, le platine froid étant positif, $E_2=0,55$ volt. La différence $E_1-E_2=0,61$ volt : elle est voisine de la force électromotrice 0,55 volt mesurée sur le couple Pt nu-flamme-Pt CaO. Ce résultat justifie la formule (1).

Avec les valeurs de E_1 et E_2, en prenant $e=4,2.10^{-10}$ U.E.S., on déduit des formules (2) et (3) J_c et J_p et les vitesses d'émission des corpuscules de la chaux et du platine à 1400°. Avec $0,8.10^{27}$ gramme pour la masse du corpuscule, on a

	u
CaO	$6,3.10^7$ cm : sec
Pt	$1,4.10^7$ cm : sec

Les autres oxydes et les sels alcalins donnent des vitesses comprises entre 6 et 7.10^7 cm : sec.

III. Une autre série de couples est réalisée en pulvérisant dans l'un des précédents une vapeur saline alcaline susceptible de s'ioniser fortement. La force électromotrice est toujours plus faible que celle du couple correspondant à flamme pure et la différence Δ croît avec la concentration de la vapeur saline. Le courant débité augmente aussi avec cette concentration et peut atteindre plusieurs micro-ampères.

Voici les valeurs trouvées pour Δ avec différents sels pulvérisés en solution à une molécule par litre, dans la flamme du couple Pt nu-flamme-platine recouvert de CaO :

	Volt.		Volt.
KOH	0,25	$KAzO^3$	0,24
KCl	0,22	$1/2\ SO^4K^2$	0,31
KBr	0,18	$1/2\ K^2CO^3$	0,33
KI	0,18	$NaCl$	0,15
$KClO^3$	0,24	$NaBr$	0,15

La diminution de la force électromotrice me paraît due à une pénétration de la vapeur saline dans l'électrode de platine nu qui devient le siège d'une émission plus

[1] Moreau, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. XXIV.

intense de corpuscules, d'où il résulte une augmentation de J_p dans la formule (1).

Sur un nouveau procédé permettant d'obtenir la photographie des spectres de raies de rayons Röntgen, par M. de Broglie, (Voy. les *Comptes rendus.*)

REVUE DE LA PRESSE

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Procédé de régénération des lampes à incandescence. — Krüger indique le procédé suivant pour réparer les lampes hors d'usage. On ouvre l'ampoule près de la pointe, et on introduit un nouveau filament qu'on relie par deux nœuds au mastic avec les fils d'amenée de courant. Les lampes restant sur leur support sont alors introduites dans une étuve dont la température est amenée progressivement à 300° environ. Les nœuds peuvent ainsi être séchés complètement, et il suffit ensuite de débarrasser l'ampoule du dépôt noir qui a pu se former. Un autre procédé consiste à introduire dans l'ampoule un tube de verre qui permet de diriger un courant d'air chaud sur le mastic. Le séchage peut être fait pendant que l'ampoule est reliée à la pompe à faire le vide. Le séchage électrique consistant à introduire un filament parcouru par du courant et porté à l'incandescence donne également de bons résultats. Tous ces procédés sont supérieurs à l'emploi d'un dard de flamme, car ils permettent un chauffage plus uniforme. (*Z. f. Beleuchtung*, n° 14, 1913.) M. A.

ÉLECTROTHERMIE

La fabrication des dérivés du baryum au four électrique. — Un brevet allemand de H. Schulze de Bernburg décrit une méthode d'effectuer la réduction du carbonate de baryum (withérite) par le charbon dans un four électrique où le mélange est soumis à une action électrothermique et électrolytique, la masse, bon conducteur du courant à haute température, formant elle-même partie du circuit. On obtient ainsi un oxyde de baryum de haute pureté et à structure uniformément poreuse.

D'après Siemens et Cie, on obtient de bons résultats en chauffant au blanc un mélange de carbonate et nitrate de baryum avec du charbon dans un four électrique. La décomposition commence aussitôt que des vapeurs nitreuses se dégagent. On évite les explosions en imprégnant de goudron les éléments chargés formant une masse en bâton.

Bradley et Jacobs assurent avoir de bons résultats par la réduction du sulfate de baryum avec le charbon dans un four électrique. Cette réaction commencerait à 600° suivant W. Mostowitsch et serait complète à 800°. Le sulfure de baryum reste inaltéré à une température de 1000°.

Brochet-Ranson électrolysent des solutions aqueuses de sulfure pour obtenir de l'hydrate.

Au point de vue fixation de l'azote atmosphérique par la baryte mélangée de charbon, disons que la formation du cyanure exige une température d'au moins 1200°, qu'elle s'effectue plus aisément à 1400° et qu'on obtient facilement la cyanuration des quatre dixièmes de la baryte.

Hempel a étudié l'influence de la pression sur cette réaction; il chauffait électriquement un mélange de charbon et de baryte dans de l'azote, sous des pressions allant de 1 à 60 atmosphères. Il trouve que la pression augmente rapidement la quantité de cyanure produit.

La technique industrielle du procédé reçut un perfectionnement très grand de J. B. Readman, qui utilisa le four électrique. Le procédé fut exploité pendant plusieurs années par la Scottish Cyanide Cie.

MM. Th. Ewan et Th. Napier ont poursuivi, depuis 1909, de nouvelles recherches dans le but de trouver un agent catalytique qu'ils pussent utiliser afin de réaliser la production du cyanure à des températures encore moins élevées. Ils se sont servis d'un four électrique Heraeus et ils ont fait leurs essais au laboratoire de la Cassel Cyanide Cie, en employant du carbonate de baryum. (*Journal du four électrique et de l'électrolyse*, 15 octobre 1913.)

Le traitement des minerais de cuivre au four électrique. — Cette question, qui est l'objet de nombreuses études, intéresse davantage à mesure que croît la consommation de cuivre dont la production mondiale a dépassé un million de tonnes en 1912. En tenant compte que la moyenne des minerais n'a pas une teneur supérieure à 3 pour 100, on arrive pour le tonnage du minerai traité au chiffre de 50 millions de tonnes. Il semble que le four électrique pourrait arriver à traiter une fraction intéressante de ce tonnage.

MM. Dorsey, A. Lyon et Robert M. Keeny viennent de résumer l'état actuel de la question au Congrès de l'American Institute of Mining Engineers. Les auteurs montrent simplement que le four électrique peut se substituer au four à réverbère ou au water-jacket dans les régions où ceux-ci ne s'accommodent pas et où le combustible est cher, à la condition de disposer de forces hydrauliques suffisantes pour permettre la fusion électrique à bon marché.

Des essais pratiques ont été entrepris dans diverses usines, notamment en France, ainsi qu'en Norvège, avec un four de 1000 chevaux d'une capacité annuelle de 2000 tonnes, aux usines Ilen de Trondjhem. D'autres usines vont entreprendre la fusion et le raffinage électriques du cuivre et du nickel. Il n'y a aucune raison d'insuccès au point de vue métallurgique. (*Echo des Mines et de la Métallurgie*, 9 octobre 1913.)

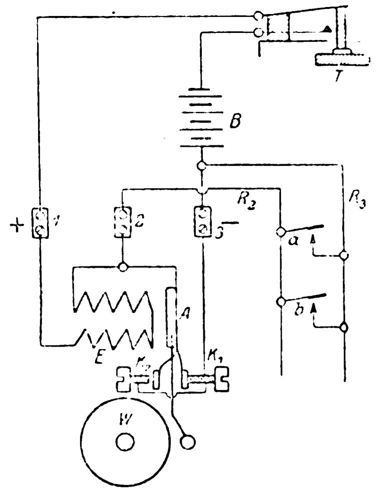
M. A.

INSTALLATIONS

Nouveau montage pour sonneries. — Dans les montages ordinaires la sonnerie ne fonctionne qu'un instant ou bien tant que l'on ferme le contact. Dans le premier cas, il est possible que le signal ne soit pas entendu; dans le second, il arrive que le contact reste fermé, dans le cas d'une porte ouverte par exemple. On peut évidemment placer des interrupteurs sur le circuit pour arrêter la sonnerie, mais l'on s'expose alors à oublier de refermer l'interrupteur, de sorte que la sonnerie ne fonctionne pas à la prochaine ouverture de la porte.

Le nouvel appareil que nous avons déjà signalé et que nous allons décrire en détail évite ces inconvénients; il se distingue par le fait qu'il peut être coupé par des interrupteurs placés à différents endroits. La sonnerie, quand on appuie sur un des boutons, n'est pas mise hors circuit mais inversée, elle ne fonctionne plus, que la porte reste ouverte ou soit fermée; en ouvrant à nouveau la porte, la sonnerie marche à nouveau. La figure 1 donne le montage du circuit d'alarme. En fermant le contact T, le courant passe par le trembleur A et le contact K_1, de là il passe à la batterie par la borne 3. L'enroulement est calculé de façon que le trembleur soit attiré avant que le courant ait atteint son maximum. Si l'on ferme un des contacts *a* ou *b* pendant que la sonnerie fonctionne, le courant passera de la borne 1 au travers des électro-aimants à la borne 2.

Le courant devient maximum et attire le trembleur, qui reste collé sur les électros, tandis qu'il s'établit un autre contact à la borne K_2. Si l'on libère le bouton *a* ou *b*, le



trembleur reste quand même attiré par les électros, le courant passant de A à K_1 et K_2, comme le montre la figure.

Si la porte est fermée à ce moment, le courant est coupé et le trembleur reprend sa position normale.

La résistance des électro-aimants est de 40 ohms environ, de sorte que la consommation de courant est faible. (*E. T. Z.*, 19 juin 1913.) F. H.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Moteurs triphasés synchrones de 2250 chevaux. — Les usines Siemens-Schuckert ont livré dernièrement une série de douze moteurs synchrones de 2250 chevaux aux Compagnies minières sud-africaines. Leur vitesse au synchronisme est de 3000 tours à la minute; leur construction se rapproche de celle des turbo-alternateurs. La couronne inductrice porte les enroulements d'excitation, répartis dans des entailles à la circonférence. L'induit fixe est renforcé aux têtes de bobines. Les moteurs développent une puissance de 2250 chevaux en marche continue avec $\cos \varphi = 1$ ou de 2150 chevaux avec $\cos \varphi = 0{,}85$; la tension du courant triphasé fourni est de 1700 volts, la fréquence de 50 périodes. Chaque moteur absorbe 15 kilowatts pour son excitation. Le rendement à pleine charge, avec $\cos \varphi = 1$ a été trouvé de 95,5 pour 100. Le démarrage des moteurs est réalisé par l'emploi de groupes de machines spéciaux à cet effet, comprenant chacun un moteur asynchrone accouplé directement à un alternateur de 525 kv-a, d'une vitesse de 500 tours au synchronisme. Le moteur à mettre en marche est excité et connecté à un des alternateurs de démarrage également excité; cette opération se fait avant qu'aucune machine n'ait tourné. On fait alors démarrer le moteur asynchrone; le moteur synchrone se met en marche en suivant la progression de vitesse de l'alternateur. On couple sur le réseau lorsque le synchronisme est atteint. (*E. K. B.*, 24 août 1913.) M. A.

Moteur à courant alternatif pour ascenseurs. — Le moteur « Prox » des usines Siemens-Schuckert, spécial pour ascenseurs et monte-charges, semble donner des résultats supérieurs à ceux fournis en général par les moteurs monophasés. A la mise en marche les moteurs « Prox » travaillent comme moteurs à collecteur du type à répulsion; ils développent par suite un couple moteur considérable. Lorsque la vitesse atteinte est voisine du synchronisme, le moteur est transformé en type asynchrone simple par l'effet d'un contact à force centrifuge qui met en court-circuit l'enroulement de l'induit en deux points dans les moteurs de faible puissance et en trois points dans les types plus forts. Cette mise en court-circuit n'a pas pour objet d'éviter l'usure du collecteur, mais sert à obtenir une vitesse indépendante de la charge au glissement près. Les moteurs sont bobinés normalement pour les fréquences de 42 et 50 périodes par seconde, et les tensions de 110 et 220 volts. L'absence d'un dispositif d'amenée de courant à l'induit pendant la période de démarrage, permise par le travail du moteur en type répulsion simple, donne toute latitude pour bobiner le moteur pour des tensions plus élevées et atteignant 500 volts.

Les puissances les plus employées varient de 0,5 à 15 kilowatts; le démarrage est alors obtenu sans l'usage de résistances par la manœuvre d'un commutateur ou par déplacement des balais. Ce dernier procédé est le seul applicable pour les puissances supérieures à 15 chevaux, le moteur travaille alors comme les types de traction de même construction. (*E. K. B.*, 4 août 1913.) M. A.

MOTEURS THERMIQUES

Moteurs Diesel de grande puissance. — La station centrale électrique de la ville de Brême a commandé récemment aux usines Sulzer de Winterthur deux moteurs Diesel de 3000 chevaux. Ces moteurs seront à 6 cylindres verticaux à simple effet, et pourront être alimentés avec des huiles de goudrons. La station centrale de Brême s'est engagée vis à vis de la Société des eaux de cette même ville à fournir, à une station de pompes à commande électrique, une puissance de 3800 kilowatts, quelques minutes après en avoir reçu l'ordre téléphonique. Les moteurs Diesel devront en conséquence pouvoir être mis en marche en quelques minutes à partir de l'état froid. Chaque moteur est accouplé directement à un alternateur triphasé 7000 volts, 50 périodes. La station possède actuellement deux turbo-alternateurs et 5 turbines hydrauliques fournissant ensemble 7500 kilowatts. (*Z. D. V. D. I.*, n° 31, 1913.) M. A.

STATIONS CENTRALES

L'usine hydraulico-électrique de la Listertalsperre. — Cette usine est adaptée à un régime d'eau excessivement variable. La hauteur de chute varie de 34 mètres en avril, à 10 mètres en octobre; le débit varie en outre de 1 mètre cube à 4 mètres cubes, à la seconde. L'usine peut fournir annuellement 2,5 millions de kilowatts-heure comme énergie moyenne; son maximum peut être de 3,5 millions de kilowatts-heure pendant les années pluvieuses. Le réseau de distribution est par suite limité à quelques centres peu éloignés; les suppléments ou les manques de puissance étant absorbés ou couverts par une station voisine.

L'usine est prévue pour une puissance maxima triple de sa puissance moyenne. Elle contient actuellement deux groupes de machines de 335 kilowatts. Les deux alternateurs triphasés de 420 kv-a peuvent être accouplées chacun soit avec une turbine pour haute chute de 500 chevaux, à 375 tours par minute, sous une chute variant de 34 à 25 mètres, soit avec une turbine pour basse chute sous une hauteur de 25 à 10 m. Suivant la hauteur d'eau disponible les alternateurs sont reliés à l'un ou à l'autre groupe de turbines par des embrayages élastiques. Afin de pouvoir utiliser tout le débit, même dans le cas des chutes les plus faibles, les deux turbines, qui travaillent d'ordinaire indépendamment l'une de l'autre, peuvent être accouplées simultanément sur le même alternateur. Le

rendement des turbines a été étudié pour rester bon à toutes charges. Les turbines pour haute chute sont simples; celles pour basse chute sont doubles avec chacune deux tubes de succion; toutes sont de construction normale à spirales, avec vannage à directrices mobiles. Les régulateurs sont fixés directement aux huches des turbines de façon à supprimer tout mécanisme entre les servo-moteurs et les vannages. (*Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, 10 août 1913.) M. A.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Résistance des détecteurs à cristaux. — Pour faire la mesure l'on a employé un pont de Wheatstone ordinaire; la résistance X (le détecteur) pouvait être branchée à l'aide d'un inverseur, soit sur le pont, soit sur un téléphone. L'on disposait également d'un producteur d'ondes. L'on branchait d'abord le détecteur sur le téléphone et l'on recherchait le son maximum au récepteur; celui-ci obtenu, le détecteur était placé dans le pont et l'on effectuait la mesure. L'on ajustait ainsi six fois le détecteur et l'on a calculé la moyenne des valeurs obtenues.

Ensuite le cristal était tourné jusqu'à ce que l'on obtienne le silence au téléphone et l'on faisait la mesure.

Pour éviter les effets du courant du pont sur le détecteur, l'on a branché une résistance de 1000 ohms en série avec la source. Voici les résultats obtenus.

Corps.	Résistance, en ohms	
	ajustée.	non ajustée.
Galène (fine pointe de fil)	9316	9365
Pericon	2960	4870
Silicon (balais)	3466	9133
Silicon (fine pointe de fil)	515	1200
Silicon (pointe de métal polie)	7553	101
Silicon (pointe de métal non polie)	1533	495
Pyrite de fer (pointe bronze phosph.)	8016	1633
Pyrite de fer (balais)	492	8484
Argent (balais)	2100	6520

La pyrite de fer non ajustée donne 1000 à 2400 ohms, en moyenne 1633; ajustée 3000 à 10700, en moyenne 8016. Ces chiffres montrent comment l'on a obtenu les valeurs moyennes. (*E. T. Z.*, 11 juin 1913.) F. H.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office International de Brevets d'invention Dupont *et* Elluin, *42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

M. H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E.P.—E.S.E.).

452 475. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux lampes à incandescence* (28 décembre 1912).

452 628. — **Resek.** — *Block-system destiné aux voies de chemins de fer et plus spécialement aux voies électriques* (22 novembre 1912).

452 652. — **Jensen.** — *Dispositif pour appareils à signaux et appareils de commande* (17 août 1912).

451 685. — **Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris.** — *Poste téléphonique avec annonciateurs multiples et sonnerie unique* (12 mars 1912).

452 735. — **Soldatencow.** — *Clavier à commande électromagnétique pour appareils perforateurs destinés à la perforation des bandes de papier utilisées, par exemple, en télégraphie* (16 mars 1912).

452 744. — **Société Automatic Electric C°.** — *Système téléphonique* (5 novembre 1912).

452 751. — **Société Automatic Electric C°.** — *Système téléphonique* (5 novembre 1912).

452 695. — **Court.** — *Dispositif d'avance automatique pour magnétos* (14 mars 1912).

452 761. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Collecteur pour dynamos et moteurs électriques à grande vitesse angulaire* (31 décembre 1912).

452 762. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux dynamos d'éclairage des voitures automobiles* (31 décembre 1912).

452 763. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Disposition des éléments de réglage d'une dynamo d'éclairage d'automobile* (31 décembre 1912).

452 764. — **Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements aux inducteurs de dynamos électriques* (31 décembre 1912).

16 999/427 631. — **Fuss.** — *Rhéostat régulateur automatique pour machines electriques* (5 décembre 1912).

452 781. — **Hæfely.** — *Borne de sortie ou de traversée pour haute tension avec isolateur en papier durci* (31 décembre 1912).

452 801. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Perfectionnements aux coupe-circuit électriques* (31 décembre 1912).

452 766. — **Otway.** — *Porte-réflecteur pour lampes électriques* (31 décembre 1912).

452 816. — **Les Frères Bréguet et Cie.** — *Téléphone automatique à prépaiement* (5 janvier 1913).

452 925. — **Block.** — *Pavillon désinfectant pour téléphones et appareils analogues* (10 janvier 1913).

453 024. — **Block** — *Dispositif de désinfection pour téléphones et appareils semblables* (10 janvier 1913).

452 815. — **Société Alsacienne de Constructions mécaniques.** — *Génératrice à courant continu à vitesse variable combinée avec des batteries d'accumulateurs* (18 mars 1912).

452 820. — **Leitner.** — *Perfectionnements dans les dynamos à vitesse variable* (2 janvier 1913).

452 882. — **Ateliers de Constructions électriques de Charleroi.** — *Procédé de démarrage des groupes en cascade* (19 mars 1912).

452 941. — **Estève.** — *Mécanisme de commande pour lampe électro-mécanique* (4 janvier 1913).

452 996. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Système d'allumage et d'éclairage pour automobiles* (9 janvier 1913).

452 839. — **Leeson.** — *Perfectionnements apportés aux bobines électriques* (5 janvier 1913).

452 849. — **Leitner.** — *Perfectionnements dans les conjoncteurs-disjoncteurs électriques employés pour charger les accus* (3 janvier 1913).

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

71212. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

22e Année. — N° 528. 25 Décembre 1913.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
Alfred SOULIER 9, rue de Fleurus, 9. Paris.	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9. Paris. TÉLÉPHONE 704-23 ET 704-44.

SOMMAIRE

Informations. — Le 18e Congrès international des chemins de fer d'intérêt local et tramways. — Un coup de foudre d'une puissance extraordinaire. — Installation téléphonique pour tramways. — Une grande station de télégraphie sans fil 561

État actuel de l'électrochimie et de l'électrométallurgie. **A. Z.** . . . 563

L'économie dans les dépenses d'énergie pour les services de traction. **H. Marchand.** 569

Sur un oscillographe électrostatique. **H.** 571

Académie des sciences. — *Séance du 17 novembre 1913* : Sur l'aimantation de l'oxyde azotique et le magnéton, par MM. **Pierre Weiss** et **Auguste Picard** 572

Séance du 24 novembre 1913 573

Séance du 1er décembre 1913 : Sur l'origine du magnétisme terrestre, par **M. A. Horn** 573

Société internationale des électriciens. — *Séance du 3 décembre 1913* : Nouveau système de traction électrique. — Démarrage sans résistance et récupération système S. T. A. R., par M. **Legouez**. — Sur la conductibilité des gaz et des vapeurs émis par les locomotives à vapeur, par M. **Parodi**. 574

Revue de la Presse. — *Installations* : Les surtensions dans les installations électriques. — *Moteurs électriques* : Moteur à induction à plusieurs vitesses. — *Télégraphie sans fil* : Intensité des signaux radiotélégraphiques suivant l'époque et l'heure. Calcul des bobines de self sans fer pour fortes intensités. Influence de l'atmosphère en T. S. F. Détermination de la capacité des antennes horizontales à conducteurs rectilignes. — *Traction électrique* : Chemin de fer électrique Monza-Lecco. — *Transformateurs* : Transformateurs pour plusieurs fréquences. 575

Brevets d'invention. 578

Table des matières 579

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin décembre sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

Le 18e Congrès international des chemins de fer d'intérêt local et tramways. — En 1914, un congrès, le 18e, se tiendra à Budapest pour traiter des questions de tramways et de chemins de fer d'intérêt local; les questions inscrites déjà à l'ordre du jour sont :

1° La politique du peuplement des villes dans ses rapports avec les moyens de transport : A. Influence des nouveaux modes de transport sur le développement et l'extension des grandes cités. Conséquences des transports en commun modernes sur les habitudes sociales. — B. Tarification des tramways et des chemins de fer urbains et suburbains : 1° Bases et modes de perception. Influence sur le trafic; 2° Billets de correspondance à prix réduit. Influence sur les résultats d'exploitation; 3° Abonnements et systèmes divers pour calculer leur prix. (Rapporteurs : MM. Duval-Arnould, Membre du Conseil municipal de la Ville de Paris, et Dr Kuhles, Membre du Conseil municipal de la Ville de Munich.)

2° Usure ondulatoire des rails. (Rapporteurs : MM. Busse, Ingénieur en chef de la Grande Compagnie des Tramways de Berlin, et Resal, Directeur de la Compagnie Française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux.)

3° Rails et bandages : A. Recherche de la meilleure forme à donner aux rails et aux bandages pour obtenir un coefficient de roulement minimum et un minimum d'usure des bandages dans les courbes. Profils des rails avec et sans ornière; profils des bandages, position des bandages sur les rails en alignement droit et en courbe; influence de l'empattement des véhicules dans les courbes. — B. Emploi de rails spéciaux pour courbes; rails en acier coulé au manganèse; rails à contre-rails amovibles avec ou sans réglage. (Rapporteurs : MM. Bacqueyrisse, Ingénieur en chef des Tramways de la Compagnie Générale des Omnibus de Paris, et Minorini, Ingénieur, Directeur des Tramways municipaux de Milan.)

4° Paliers à billes et à rouleaux : Résultats obtenus dans leur application aux voitures motrices et de remorque. Économie de courant réalisée. (Rapporteurs : MM. Largiader, Directeur des Tramways municipaux de Zurich; Schoerling, Ingénieur en chef des Tramways de Hanovre, et Tobias, Conseiller technique, Directeur des ateliers de Tramways électriques de Budapest.)

5° Wattmen, receveurs et contrôleurs : A. Méthodes d'ins-

truction des wattmen, receveurs et contrôleurs. — B. Comptabilité-tickets, méthodes employées pour la délivrance des carnets de tickets aux receveurs, le décompte des tickets vendus et l'encaissement de la recette. (Rapporteurs : MM Noirfalise, Directeur général de la Société Anonyme des Tramways Liégeois, Liége, et Karl Roethy, Inspecteur en chef des Tramways de Budapest.)

6° Dispositions spéciales à donner aux wagons des lignes de chemins de fer à voie étroite pour faciliter l'échange des marchandises avec les lignes de chemins de fer à voie normale (wagons basculeurs, wagons à parois ou à fonds mobiles, wagons trucks ou transporteurs, etc.). — Résultats obtenus quant à la durée et quant au coût de transbordement. (Rapporteurs : M. Sapin, Administrateur-Directeur de la Compagnie Centrale de Chemins de fer et Tramways électriques, à Paris, Administrateur des Tramways d'Ekaterinoslaw, Bruxelles.)

7° Mode d'exploitation d'une section de ligne commune à des concessions différentes. Partage entre les concessionnaires des recettes et des dépenses y relatives (Rapporteur : M. Fr. Carnevali, Ingénieur en chef de la Société des Tramways de Turin.)

8° Locomotives des chemins de fer d'intérêt local : A. Perfectionnements apportés au type des locomotives durant ces dernières années. — B. Y a-t-il intérêt : 1° de cacher les roues et le mécanisme moteur par une enveloppe métallique? 2° d'avoir une plate-forme à chaque extrémité de la locomotive? (Rapporteur : M. Hamélink, ancien Directeur de la Compagnie des Tramways Néerlandais, Utrecht.) — C. Emploi de la surchauffe. (Rapporteur : M. de Soignie, Directeur de la Société Anonyme Mosane pour l'exploitation des Chemins de fer vicinaux, Andenne, province de Namur.)

9° Câbles d'alimentation souterrains : A. Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les câbles armés. — B. Emploi de l'aluminium comme conducteur. — C. Durée probable des câbles souterrains. Données statistiques. (Rapporteur : M. Sekutowicz, Directeur des Exploitations de l'Omnium lyonnais de Chemins de fer et de Tramways, Paris.)

10° Distribution à 3 fils pour réseau de tramways. — Distribution à une tension plus élevée en banlieue qu'en ville. Aménagements spéciaux du matériel roulant, du matériel de production de force et du réseau de distribution pour répondre à ces problèmes. (Rapporteur : M. Sieber, Directeur des Tramways de Nuremberg-Furth, Nuremberg.)

11° Avantages et inconvénients des divers systèmes de transformation de courant alternatif à haute tension en courant continu : Moteurs générateurs, commutatrices, transformateurs rotatifs en cascade, etc. (Rapporteurs : MM. Dalrymple, Directeur Général de la « Glasgow Corporation Tramways », Glasgow, et Sarrat, Ingénieur en chef à la maison E. L. J. Empain, Bruxelles.)

12° A. Facilités données au public pour monter dans les voitures : Indicateurs de points d'arrêt; distributeurs de numéros ; abris couverts ; barrières mobiles et couloirs ; refuges : quais d'embarquement ; mise en service, aux heures d'affluence, de voitures supplémentaires, motrices et remorques. — B. Moyens d'indiquer au public la destination et le parcours des voitures, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de celles-ci. — C. Publicité commerciale employée comme supplément de recettes pour les tramways et chemins de fer d'intérêt local. (Rapporteur : M. Rodolphe de Weck, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Société des Tramways de Fribourg et du Chemin de fer Fribourg-Moret-Anet, Président de l'Union de Chemins de fer secondaires suisses, Fribourg, Suisse.)

Un coup de foudre d'une puissance extraordinaire. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 18 septembre.) — M. W. Kohlrausch donne les renseignements suivants sur les dégâts causés par la foudre, qui au printemps dernier est tombée sur une cheminée d'usine, de 59 m de hauteur. Cette cheminée d'un diamètre d'environ 2,7 m à l'extrémité supérieure était munie d'une tige de paratonnerre de 2,5 m de hauteur, reliée par un câble formé de 12 fils de cuivre de 3.5 mm de diamètre, ayant par conséquent 40 mm² de section, à une plaque de terre placée immédiatement au pied de la cheminée; ce câble était fixé tous les 1,5 m à la cheminée, au moyen de crampons.

La foudre a abîmé la partie supérieure de la cheminée, sur presque toute sa surface, et a fait tomber environ un mètre cube de maçonnerie, la tige est cependant restée en place; elle a ensuite suivi le câble jusqu'à 9 m environ au-dessus du sol à hauteur du socle de la cheminée qu'elle a fortement dégradé; a sauté de là à une gouttière horizontale en zinc qu'elle a suivie sur une longueur de 11 m, puis ensuite un tuyau disposé verticalement sur une hauteur de 5 m et ensuite en biais sur la façade du bâtiment. A 1,60 m environ au-dessus du sol, la foudre après avoir suivi la partie inclinée du tuyau sur une longueur de 4,50 m a percé la muraille et y a fait un trou de la grosseur de la tête et s'est ensuite perdue dans le support en fer d'un monte-charge, relié à un tuyau de vapeur de grandes dimensions.

Dans la partie qu'a parcourue la foudre, le câble est complètement abîmé, il a été coupé en morceaux, dont quelques-uns d'une longueur de plusieurs mètres sont tombés sur le sol, d'autres sont restés fixés aux crampons; il n'y a que quatre parties entre crampons qui soient restées entières, mais le câble de ces parties était détordu.

Le tuyau de gouttière de 12 cm de diamètre, formé d'une tôle de zinc de 0.5 mm d'épaisseur, a été détruit dans la partie, de 4,5 m de longueur, placée en biais, qui a été parcourue par la foudre. Il a été rompu en 5 morceaux; la partie inférieure de ces morceaux était aplatie comme une feuille de papier et la partie supérieure élargie et fendue; M. W. Kohlrausch attribue cette action soit à un fort courant d'air, soit à la vaporisation d'une certaine quantité d'eau.

La foudre a certainement sauté du câble à la gouttière à cause de sa grande fréquence, la gouttière avec sa grande surface, présentant une résistance moins grande que le câble de faible section (effet skin).

Le câble en partie fondu, et dont les fils avaient perdu leur section circulaire, a été porté à la température de fusion, c'est-à-dire à 1000°, d'après la quantité de chaleur dégagée, M. Kohlrausch a calculé que, si l'on admet pour la durée du coup de foudre les valeurs extrêmes de 0,05 à 0,001 seconde, l'intensité du courant a été de 20 000 à 100 000 ampères.

F. L.

Installation téléphonique pour tramway. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 20 novembre.) — Les voitures des tramways de Francfort qui desservent la ligne de banlieue Schönhof, Hausen, Praunheim, le long de laquelle il n'existe pas de postes téléphoniques, sont munies d'un téléphone installé dans une armoire placée près de l'entrée. Dans le cas où le conducteur veut communiquer avec l'administration, il met la perche de trolley en contact avec la ligne téléphonique et relie au moyen de fiches, l'appareil de la voiture avec celle-ci, de sorte qu'il est en relation avec le garage de Bockenheim. Ce système va être employé sur d'autres lignes de banlieue qui passent dans des endroits où il y a peu d'habitation.

F. L.

Une grande station de télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 20 novembre.) — La Société Marconi vient d'achever l'installation d'une station de télégraphie sans fil, d'une puissance de 1000 kw à Punta Pietras dans la République Argentine. Cette station pourra communiquer directement avec l'Europe.

F. L.

ÉTAT ACTUEL

DE

L'ÉLECTROCHIMIE ET DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE

A. **Aperçu général sur l'électro-chimie** [1]. — C'est Davy qui, en 1808, semble avoir découvert le phénomène de l'électrolyse, en isolant le sodium de son oxyde.

Après lui, Antoine Becquerel (1788-1878) obtint, à l'aide des actions électriques lentes, l'aluminium, le silicium, des sulfures, des iodures, etc.

Plus tard, en 1838, le savant russe Jacobi, en démontant une pile Daniell de son laboratoire, constata qu'une petite croix, antérieurement faite au crayon sur le vase poreux, s'était recouverte d'un dépôt de cuivre d'un beau rouge doré, montrant que dans le liquide de la pile il y avait eu transport de métal.

La découverte de Jacobi donna naissance à la « galvanoplastie » qui permet de recouvrir les objets les plus divers d'une mince couche de métal : cuivre, nickel, or, argent, etc. On sait que l'argenture a fait la fortune des célèbres maisons Ruolz et Christofle.

En 1854, Bunsen et Sainte-Claire-Deville soumirent à l'électrolyse du chlorure double d'aluminium et de sodium, et cherchèrent à en séparer l'aluminium. Mais le bain devait être maintenu fondu au rouge à l'aide d'une source extérieure de chaleur, et comme l'énergie électrique, produite alors uniquement par des piles, était d'un prix extrêmement élevé, on ne put rendre le procédé industriel. Il fallait attendre l'intervention de la dynamo et son adaptation aux chutes d'eau pour obtenir à bon marché une source d'énergie capable de décomposer le bain et de le maintenir à une haute température.

En 1865, une tentative plus heureuse fut consacrée par le brevet que prit Elkington pour son procédé d'affinage électrolytique du cuivre, qui consiste à placer dans un bain de sulfate de cuivre une matte cuivreuse coulée en forme de plaque, et à utiliser cette plaque comme pôle positif. Le courant enlève le cuivre de la matte, et le cuivre seulement, et va le déposer au pôle négatif où on le recueille. Les impuretés qui, dans la matte, étaient mélangées au cuivre, tombent au fond de la cuve.

Les recherches de laboratoire se continuèrent ensuite de longues années, jusqu'à ce qu'en 1884, H. Gall indiquât la possibilité d'extraire le brome des eaux-mères des marais salants.

En 1886, commence à Villiers (Oise) la fabrication des chlorates, qui, réalisée pour la première fois par H. Gall et de Montlaur, a donné naissance à des industries utilisant maintenant plus de 300 000 chevaux dans le monde entier.

En 1887, se place l'importante découverte de Héroult, qui applique avec succès l'électrolyse à la préparation de l'aluminium, et en 1888, la première application de l'électrolyse de l'eau à la préparation de l'hydrogène, application qui fut réalisée sous l'impulsion du colonel Renard, au Parc aérostatique de Chalais-Meudon.

Vers la même époque, les travaux de Moissan aboutirent à la réalisation pratique du four électrique et eurent le retentissement mondial que chacun connaît.

La première application importante du four électrique fut faite en 1895, pour la fabrication du carbure de calcium qui devait prendre si rapidement une si grosse importance ; puis un peu plus tard, la découverte par Franck, à Charlottenbourg, de la propriété du carbure d'absorber facilement l'azote pour donner la cyanamide. Enfin, depuis 1900, les multiples travaux entrepris pour réaliser industriellement la fixation de l'azote atmosphérique et la fabrication de l'acide nitrique et des nitrate ont pleinement réussi, ouvrant un champ nouveau et immense à l'électro-chimie.

Nous citerons en terminant les applications récentes à la fabrication de la soude, de l'ozone, de l'hydrogène, de l'oxygène, du carborundum et au raffinage des métaux.

Principales fabrications de l'électro-chimie. — On voit par ce court exposé que les fabrications de l'électro-chimie sont très variées, mais elles sont d'importance assez inégales.

Nous en distinguerons trois comme méritant une monographie spéciale :

le carbure de calcium ;

les produits azotés ;

les composés chlorés ;

et nous grouperons en un quatrième paragraphe quelques renseignements généraux sur les autres produits.

La production a été, en France, approximativement la suivante pour 1910 :

Carbure de calcium	30 000 tonnes.
Produits chimiques	30 000 —
Produits azotés	5 000 —
	65 000 tonnes.

Importance relative actuelle de l'électro-chimie. — Lorsque l'on examine la répartition de la puissance hydraulico-électrique française, on trouve que l'électro-chimie disposait, en 1910, d'environ 70000 chevaux sur un total de 600000 aménagés, soit de 11,6 pour 100. Nous constaterons en passant que cette puissance est très inférieure à celle de l'électro-métallurgie qui dispose, quoique étant la dernière venue, de plus de 200000 chevaux.

Ces 70000 chevaux se répartissent approximativement ainsi :

Répartition approximative de la puissance des usines électro-chimiques françaises entre les diverses fabrications

Fabrications.	Puissance.
Carbure de calcium	42 000 tonnes.
Produits azotés	10 000 —
Composés chlorés	8 000 —
Autres produits	10 000 —
	70 000 tonnes.

[1] Rapport de la classe 64 *bis* de l'Exposition de Bruxelles.

Cette répartition ne peut être naturellement qu'approximative, puisqu'il arrive souvent qu'une même usine se livre à des fabrications différentes, sans qu'il soit possible de déterminer exactement la part de puissance qui revient à chacune d'elles. Mais, à défaut d'une précision absolue, elle donne tout au moins un ordre de grandeur.

B. Carbure de calcium. — Le carbure de calcium a acquis depuis quelques années un débouché extrêmemement important dans la fabrication de l'acétylène. L'éclairage à l'acétylène présente en effet des avantages incontestables et, d'autre part, ses dangers ont à peu près disparu depuis que l'Union Française des Acétylénistes a organisé un service d'inspection et de réglage des appareils. Ce service s'étendait au 31 décembre 1910 sur 75 départements et 30000 installations. Il effectue environ 25000 visites par an. Le nombre des accidents a été réduit dans des proportions considérables. L'éclairage à l'acétylène s'est étendu aux villes et, d'après une statistique récente, il y aurait déjà 900 villes éclairées à l'acétylène, dont 200 pour la France et pour l'Algérie.

Aux environs de 1901, l'isolement des fabricants de carbure et leur inertie au point de vue commercial avaient amené une surproduction, suivie d'une baisse de prix dont la clientèle, peu informée, ne profita pas. C'est alors qu'une Société commerciale créa plus de 150 dépôts et mit ainsi le carbure à la portée des consommateurs à un prix inférieur à celui qu'il payait auparavant.

Ces diverses mesures donnèrent un grand essor à la fabrication du carbure. L'entente n'existe pas seulement entre les fabricants français, mais aussi entre les fabricants européens.

L'entente des fabricants européens groupe 37 usines, dont 7 pays avec une production annuelle d'environ 150 000 tonnes, non compris le carbure destiné à la fabrication de la cyanamide. Cela représente à peu près les deux tiers de la capacité de production des usines.

L'acétylène a reçu depuis quelques années une nouvelle application dans la « soudure autogène » des métaux. La chaleur dégagée par la combustion du mélange acétylène-oxygène au chalumeau est en effet considérable et, en dirigeant le jet du chalumeau sur les deux lèvres d'une cassure quelconque, on arrive à fondre le métal et à le souder. L'emploi de la soudure autogène s'est rapidement généralisé dans la marine, les chemins de fer et la construction mécanique.

Une autre application très importante du carbure de calcium est son emploi pour la fabrication de la cyanamide, sur laquelle nous revenons plus loin.

Production et consommation du carbure de calcium. — Malgré les débouchés qui se sont peu à peu créés pour le carbure de calcium, la consommation a été bien loin de progresser aussi rapidement que la production. De très nombreuses usines (environ 70) sont en effet établies dans le monde entier en vue de sa fabrication. Leur puissance totale atteint 363000 chevaux, comme le montre le tableau suivant, et leur capacité de production annuelle dépasse 360000 tonnes.

Puissance installée et capacité de production des 70 usines à carbure de calcium des principaux pays (1910).

Pays.	Capacité de production en tonnes.	Puissance installée en chevaux.
Norvège	90 000	70 000
Italie	50 000	40 000
Suisse	45 000	35 000
Autriche-Hongrie	40 000	35 000
France	45 000	42 000
États-Unis	26 000	30 000
Suède	15 000	40 000
Canada	15 000	30 000
Espagne	10 000	20 000
Allemagne	9 000	10 000
Angleterre	800	1 000
Capacité de production mondiale	361 800	363 000

Il faut remarquer qu'un certain nombre d'usines ont dû renoncer à ne produire que du carbure de calcium et fabriquent aussi d'autres produits. La puissance affectée spécialement à la production du carbure de calcium est d'environ 250000 chevaux.

La nécessité où se sont trouvés les fabricants de carbure, pour utiliser leurs installations et l'excédent de puissance disponible, de fabriquer aussi des produits électro-métallurgiques explique que les fabrications de carbure et de ferros soient si souvent connexes.

Étant donné que la consommation de carbure de calcium est restée très inférieure à cette capacité de production, la production effective mondiale n'atteint pas 250000 tonnes [1] d'une valeur de 45 millions de francs environ.

Les principaux producteurs sont la France et la Norvège, cette dernière exportant à peu près toute sa production.

La production mondiale a été la suivante en 1910 :

Production mondiale et exportation du carbure de calcium en 1910 [2].

Pays.	Production [2] en tonnes.	Exportation en tonnes.
France	30 000	4 000
Suisse	35 000	26 000
Allemagne	9 000	»
Italie	30 600	5 000
Autriche	30 000	5 000
Suède-Norvège	53 000	48 000
Espagne	18 000	»
États-Unis et Canada	40 000	»
Angleterre	1 500	»
Total	246 500	

Les deux principaux pays importateurs sont l'Angleterre et l'Allemagne, cette dernière pour 25000 tonnes par an. Les principaux pays exportateurs sont, comme on le voit, la Suisse, la Suède et la Norvège.

En France, la fabrication du carbure de calcium se fait dans une vingtaine d'usines. Voici quelques chiffres qui leur sont relatifs :

[1] D'après une notice privée sur l'Électro-Métallurgie à Bruxelles.

[2] D'après l'Annuaire de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques.

DÉPARTEMENTS.	NOM DE LA SOCIÉTÉ PROPRIÉTAIRE.	USINES.	PUISSANCE INSTALLÉE EN CHEVAUX.	PRODUCTION ANNUELLE EN TONNES.
Isère	Etablissements Keller-Leleux	Livet.	4 000	5 000
Haute-Savoie. .	Sté El.-Ch. du Giffre. .	Giffre.	1 000	3 500
Ain	Charles Bertolus. . . .	Bellegarde . .	»	700
Ain	Sté Elect.-Mét. d'Arlold.	Bellegarde . .	»	»
Isère.	Cie fr. des Carbures de calcium.	Séchilienne. .	2 000	800
Savoie.	Sté des Carbures métalliques	N. D. de Briançon.	3 500	000
Savoie.	Sté des Carbures métalliques	La Rageat. . .	7 000	6 000
Savoie.	Sté des Carbures métalliques	Glandon. . . .	3 000	3 000
Savoie.	Cie Gén. d'Elec.-Chim. .	Bozel.	5 000	4 000
Alpes-Mmes . .	Cie Gén. d'Elec.-Chim. .	Bozel.	5 000	4 000
Ariège.	Sté Hydro-El. des Pyrénées	Le Castelet . .	3 000	1 500
Isère.	Com. Universelle d'Acétylène	Les Claveaux .	5 000	4 000
			42 000	30 000

La consommation nationale est d'environ 25000 à 30 000 tonnes.

Le reste du tonnage fabriqué est exporté en Algérie et dans les autres colonies. L'exportation sur territoire étranger est rendue à peu près impossible par l'activité de la concurrence des autres pays exportateurs.

Exportation française de carbure de calcium en 1910 (Commerce spécial).

Destination.	Tonnes.	Valeur en fr.
Etranger	618	111 000 fr.
Algérie et Colonies	3 483	727 000
	4 101	738 000 fr.

Sur ces 618 tonnes exportées à l'étranger, 245, soit près de la moitié, le sont en Grèce.

C. **Produits azotés.** — Sous cette dénomination, nous comprendrons deux fabrications : Celle des nitrates et de l'acide nitrique; et celle de la cyanamide de calcium, qui utilisent toutes les deux l'électricité pour fixer l'azote atmosphérique. Nitrate et cyanamide étant des engrais de premier ordre, leur fabrication à bon marché intéresse vivement le monde agricole. De plus la généralisation de leur emploi est de la plus haute importance pour le développement de l'industrie électro-chimique, car il lui permettra d'exploiter, sur une vaste échelle, cette source inépuisable d'azote qui est l'air.

Fabrication des nitrates. — Les nitrates, sels de l'acide nitrique ou azotique, sont utilisés dans la fabrication des explosifs, mais leur principale application est leur emploi dans l'agriculture comme engrais.

En 1895 [1], les peuples « mangeurs de pain », représentaient un total de 510 millions d'individus contre 359 seulement en 1870; il est donc indispensable d'étendre sans cesse la culture du blé, et comme il est probable que dans une trentaine d'années toutes les terres du globe où cette culture est possible seront utilisées, l'accroissement de la production du blé ne pourra être obtenue que par l'emploi des engrais chimiques.

De plus, la fabrication des nitrates synthétiques permettra à l'agriculture d'aborder en grand la culture intensive. Enfin, la synthèse des oxydes d'azote semble avoir de nombreuses applications dans l'industrie chimique.

Le rôle des nitrates, déjà considérable, est donc appelé à grandir dans l'avenir, et M. Guye n'a pas craint d'écrire que « le développement de la nouvelle industrie sera un des événements les plus considérables du XXe siècle [1]. »

Jusqu'à ces toutes dernières années, on retirait les nitrates des gisements naturels du Pérou et du Chili, dont la production est passée de 175000 tonnes en 1870, à 1500000 tonnes en 1905, et à 2000000 de tonnes en 1910. Ces gisements semblaient devoir être assez rapidement épuisés, et c'est ce qui avait poussé les savants à chercher et à produire les nitrates artificiellement. En réalité, des investigations plus soigneuses et plus récentes ont montré que ces gisements naturels sont plus riches qu'on ne le croyait.

D'autre part, les nitrates artificiels ont été mal accueillis par l'agriculture. On leur a reconnu une action fertilisante équivalente à celle des nitrates naturels, mais leur hygroscopicité est plus grande, et leur emploi doit se faire aussitôt le baril ouvert. L'inobservation de cette précaution a-t-elle été le motif déterminant de l'inertie des agriculteurs? ou celle-ci n'est-elle qu'une nouvelle manifestation de cette méfiance irraisonnée qui a si souvent porté les masses à mal accueillir le progrès? La chose importe peu. Mais toujours est-il que la consommation des nitrates dans l'agriculture a jusqu'ici fort peu augmenté, sauf en Allemagne.

Ces considérations expliquent que les tendances actuelles ne soient plus les mêmes qu'il y a quelques années. Les nitrates artificiels ayant été assez froidement accueillis et les gisements du Chili étant beaucoup plus riches qu'on ne le croyait, la nécessité n'apparait plus de parer à leur épuisement, et on estime plus avantageux de fabriquer l'acide nitrique qui (aux cours actuels tout au moins) laisse une marge de bénéfices plus grande.

A ces deux tendances correspondent les procédés Birkeland-Eyde et Schönherr pour les nitrates, et le procédé Pauling pour l'acide nitrique. Il convient de signaler aussi le procédé Naville et Guye qui, bien qu'exploité jusqu'ici sur une échelle modeste (quelques centaines de chevaux) par la Société « le Nitrogène », à Chèvres (près de Genève), semble appelé à prendre place parmi les solutions industrielles du problème.

[1] Communication de M. Blondin au Congrès de Marseille, 1908, publiée dans les *Rapports préliminaires du Congrès*, t. II, p. 165 et 59. Voy. aussi l'étude de M. Guye, dans la revue *La Houille blanche* de juin 1911, p. 141.

[1] Voy. au sujet de la fabrication des nitrates en France et à l'Étranger l'étude de M. Fr. Flusin, dans la *Technique Moderne* d'octobre 1910, p. 568. C'est de cette étude qu'ont été extraits une partie des renseignements qui suivent.

Procédé Birkeland-Eyde (nitrates). — Ce procédé est exploité en grand depuis 1905, à Notodden (Norvège), par la « Société Norvégienne de l'Azote ». La puissance de l'usine était au début de 2500 chevaux, elle est actuellement de 40000 et sera bientôt portée à 55000. L'usine est capable actuellement de produire 15000 tonnes de nitrate.

La Société Norvégienne a, depuis 1907, conclu une entente avec un groupe allemand de fabriques de produits chimiques, parmi lesquelles la Badische Anilin und Soda Fabrik, qui a cédé au nouveau consortium l'exploitation des brevets de son four Schönherr. Ces pourparlers ont abouti à la formation de deux Sociétés. L'une, la « Société Norvégienne de force », fournira exclusivement l'énergie électrique et disposera de 390000 chevaux. L'autre, la « Société Norvégienne des nitrates », absorbera l'énergie produite par la première et sera chargée de la fabrication des composés nitrés.

L'achèvement des travaux est prévu en 1920. A cette date, la puissance totale utilisée serait de 500000 chevaux, le capital de 210 millions, et la production de nitrate atteindrait 300 000 tonnes.

Le four Birkeland n'a pas encore fonctionné ailleurs qu'en Norvège.

Four Schönherr (nitrates). — Le four Schönherr est employé en Norvège à Kristiansand et comprend 3 fours de 600 chevaux. Il l'est aussi en Allemagne, par la Badische qui se préoccupe de l'installation d'une usine de 50000 chevaux sur l'Alz.

Dans le procédé Schönherr, on fait éclater dans un tube en fer plein d'azote un arc électrique de plusieurs mètres de long et on fait passer un courant d'air. La combinaison de l'azote et de l'oxygène se produit alors et les gaz sont conduits directement dans les fours d'absorption où le peroxyde d'azote est mis en contact avec l'eau de chaux.

Four Pauling (acide nitrique). — Les fours Pauling sont exploités à l'usine de Patsch, près d'Innsbruck, qui dispose depuis 1908 de 15000 chevaux avec 24 fours.

Elle fabrique uniquement de l'acide nitrique. Des négociations seraient en cours pour la construction d'usines Pauling en Allemagne et en Suisse. Deux usines de 8000 chevaux pour l'exploitation du brevet Pauling existent d'autre part, l'une dans le Sud de la France, l'autre dans le Nord de l'Italie.

État de la question en France. — En France, il existe dès maintenant à la Roche-de-Rame, près de Briançon, une usine qui marche depuis 1909 et qui exploite les brevets Pauling. Elle appartient à la Société « Le Nitrogène » et dispose de 8000 chevaux; cette puissance sera ultérieurement portée à 20000 chevaux. Neuf fours doubles de 150 à 600 kilowatts oxydent actuellement l'azote qui est transformé en acide nitrique à 36 [1].

[1] Voy. sur le procédé Pauling et l'usine de la Roche-de-Rame l'étude publiée dans la *Houille blanche* de janvier 1911, p. 5.

Tout se passant en vase clos et sans aucune manutention, le personnel de l'usine est extrêmement réduit et ne comprend que quelques hommes pour la surveillance des fours et des machines. Tout fonctionne pour ainsi dire automatiquement.

Le « Nitrogène » aurait cédé une licence d'exploitation à une Société pyrénéenne et serait en pourparlers avec une importante Société française de produits chimiques.

Enfin, il est question de créer une nouvelle affaire qui fabriquerait l'acide nitrique sur l'Arc, entre Aiguebelle et Epierre.

Il résulte de l'étude de M. Flusin déjà signalée plus haut que si la fabrication de l'acide nitrique est possible en France, il n'en est pas de même, du moins dans les circonstances actuelles, pour le nitrate de chaux.

Mais la fabrication hydro-électrique de l'acide nitrique est déjà fort intéressante. Sans parler de l'élégance du procédé au point de vue scientifique, il y a lieu de faire remarquer la très grande pureté des produits obtenus. Et surtout elle offre un champ immense à l'utilisation de nos chutes d'eau, par le marché très important de l'acide nitrique.

Fabrication du nitrure d'aluminium. — Il s'est constitué en 1910 une Société, dite « Société des Nitrures », qui a pour objet l'exploitation des brevets Serpek pour la fabrication d'un engrais ammoniacal, appelé nitrure d'aluminium : on fixerait, au four électrique, l'azote sur l'alumine brute et le produit serait ensuite dédoublé en ammoniaque et en alumine pure, matière première de l'aluminium. La fabrication d'un engrais azoté serait ainsi corrélative de la fabrication de l'aluminium.

Cyanamide de calcium. — La cyanamide de calcium n'est autre chose qu'une combinaison de carbure de calcium avec l'azote de formule $Ca\,C\,Az^2$.

C'est en 1883 que MM. Franck et Caro ont fait connaître leur procédé de fabrication, qui consiste à faire passer sur du carbure de calcium pulvérisé et porté au rouge un courant d'azote obtenu, soit par le procédé du cuivre, soit pas la distillation de l'air liquide suivant la réaction :

$$\underset{\text{Carbure de calcium}}{Ca\,C^2} + \underset{\text{Azote}}{2\,Az} = \underset{\text{Cyanamide de calcium}}{Ca\,C\,Az^2} + \underset{\text{Charbon}}{C}$$

La cyanamide de calcium a la propriété de donner de l'ammoniaque au contact de l'eau :

$$Ca\,C\,Az^2 + 3\,H^2O — CO^3Ca + \underset{\text{Ammoniaque}}{2\,Az\,H^3}.$$

Enfoncée dans la terre, la cyanamide dégage de l'ammoniaque et agit, ainsi que l'a montré l'expérience, comme les produits ammoniacaux ordinaires. C'est donc un excellent engrais. Le produit se vend soit à une teneur fixe de 15 pour 100, qui permet de le comparer au nitrate de soude, soit à l'unité d'azote et titrant de 17 à 20 pour 100.

L'état d'extrême pulvérulence sous lequel on obtient

la cyanamide, au sortir du four a retardé pendant un certain temps le développement de son emploi, à cause des difficultés d'épandage, mais cette difficulté est aujourd'hui vaincue et chacun peut, soit sous forme de cyanamide plus ou moins granulée, soit sous forme de cyanamide huilée, profiter de ses remarquables qualités. La France, cependant, est restée en arrière sur l'Allemagne et l'Italie et sa consommation a été seulement de 3000 tonnes en 1910, alors que la consommation allemande a dépassé 10000 tonnes.

Production de la cyanamide de calcium. — Alors que la production du nitrate de chaux est à peu près confinée à l'usine de Notodden, les usines à cyanamide, qui peuvent être annexées aux usines de carbure, s'élèvent déjà un peu partout, comme le montre le tableau suivant :

Industrie de cyanamide de calcium dans le monde.

Pays.	Localité où est située l'usine	Nom de la société.	Production annuelle en tonnes.
Italie	Piano d'Orti. . .	Société des produits azotés North.	10 000
Norvège	Odde	North Western Cyanamid C°.	12 500
Autriche-Hongrie	Sebenico	North Western Cyanamid C .	10 000
France.	N. D. de Briançon.	Société des produits azotés.	10 000
Suisse	Martigny . . .	Société des produits azotés.	»
États-Unis	Moscle Shoals .	American Cyanam. C° . . .	20 000

Nous n'avons malheureusement trouvé aucun renseignement sur le nombre ni la capacité de production des usines allemandes.

D. Chlore et composés chlorés. — Chlore. — Dans la fabrication du chlore par électrolyse du chlorure de sodium (sel marin), on obtient au pôle positif du chlore et au pôle négatif du sodium. Ce dernier décompose l'eau en donnant de l'hydrogène, qui se dégage, et de la soude caustique, qui reste en dissolution.

Il reste alors à séparer le chlore et la soude. On y arrive par divers procédés basés sur l'emploi, soit de diaphragmes poreux, soit de cathodes en mercure, soit de certains artifices qui séparent mécaniquement le chlore et la soude sans diaphragme ni amalgamation.

Les principaux procédés sont ceux de Kelher, Spilker et Loewe, Lesueur, Hargreaves-Bird, Richard et Holland.

Hypochlorites. — Les hypochlorites, comme on le sait, sont utilisés pour le blanchiment, ainsi que pour la désinfection des eaux industrielles et des eaux d'égouts. On les fabrique en électrolysant une solution saturée de chlorure de sodium (sel marin) : les vapeurs de chlore qui se dégagent des électrolyseurs sont dirigées sur de la pierre à chaux non calcinée.

Chlorures. — Les procédés électrolytiques qui opèrent sur le chlorure de sodium mettent en liberté du chlore qu'on utilise immédiatement pour obtenir un produit commercial.

Actuellement, on fabrique un certain nombre de chlorures qui, jusqu'ici, étaient pour la plupart sans emploi, parce qu'on les obtenait en trop petite quantité.

Le tétrachlorure de carbone, par exemple, est un dissolvant des corps gras : il serait donc susceptible de remplacer la benzine, le sulfure de carbone et les éthers de pétrole, car il est incombustible et en outre ses vapeurs ne forment avec l'air aucun mélange explosif comme cela se produit avec les trois composés sus-nommés. On l'emploie aussi pour la fabrication des vernis.

A l'exposition de Bruxelles, la Société commerciale de Carbure et de Produits chimiques avait exposé une série de produits dont elle a le monopole, sous les appellations commerciales de Diéline, Triéline, Tétraline, Pentaline et qui ne sont autres que le dichlorure d'éthylène C^2H^2Cl, le trichlorure d'éthylène C^2HCl^3, le perchlorure d'éthylène C^2Cl^4, le tétrachlorure d'éthane $C^2H^2Cl^4$, le pentachlorure d'éthane C^2HCl^5. De plus, un solide, l'hexachlorure d'éthane C^2HCl^6 n'a pas encore été baptisé par le commerce.

Les cinq premiers corps sont ininflammables et n'attaquent pas les métaux. La triéline est plus spécialement employée pour l'extraction des corps gras et des huiles, la tétraline pour celle du soufre, pour les dissolutions de caoutchouc, la fabrication des parfums, etc. L'hexachlorure d'éthane rappelle le camphre, qu'il peut remplacer comme insecticide et dans la fabrication des explosifs.

Chlorates. — Les chlorates ont un grand nombre d'emplois dans l'industrie des allumettes, dans les explosifs, dans la teinture, etc.

Les principaux sont le chlorate de potassium et le chlorate de sodium, composés de chlore, d'oxygène et de potassium ou de sodium.

La nature fournit abondamment le chlorure de potassium KCl, composé de chlore et de potassium; en le soumettant à l'électrolyse, on arrive à fixer directement l'oxygène sur ce produit et par conséquent à le transformer en chlorate.

L'électrode négative peut être en fer, mais l'électrode positive doit être en platine, et c'est là une des charges principales de l'industrie des chlorates et un élément important du prix de revient.

L'industrie des chlorates date de 1886, époque à laquelle MM. Gall et de Montlaur établirent leur première usine à Villiers-Saint-Sépulcre (Oise). Depuis lors il a été créé en France trois autres usines : Saint-Michel-de-Maurienne, Chedde et Livet. Actuellement, l'exportation française atteint 4000 tonnes.

Cette industrie s'est d'ailleurs étendue aux autres pays. Dès 1890, elle disposait de 1800 chevaux (1). En 1910, elle en possède plus de 20000 répartis entre la France, la Suisse, la Suède et les États-Unis (2).

(1) Rapport du Congrès de la Houille blanche, t. I, p. 547.
(2) Pacoret, II, 2156.

Elle a subi une crise grave de surproduction en 1901.

L'électrolyse a permis aussi d'obtenir le perchlorate d'ammonium, sel très stable et insensible aux chocs, qui, mélangé avec des corps organiques, fournit des explosifs de grande puissance, supérieurs à la dynamite et aux explosifs chloratés eux-mêmes.

E. — Autres produits et applications diverses. — Fabrication de la soude. — La France exporte chaque année plusieurs centaines de tonnes, mais les difficultés que rencontre le transport, et aussi les tarifs élevés pourraient lui faire perdre cette situation.

A l'étranger, la fabrication de la soude se fait par un grand nombre de procédés, notamment ceux de Solvay, employé en Allemagne, en Russie, en Belgique et en Italie, et de Hargreaves, employé en Angleterre. Tous sont basés sur l'électrolyse du chlorure de sodium. Tous permettent aussi de produire, en même temps que la soude, des composés de chlore et principalement du chlorure ou de l'hypochlorite de calcium, utilisé dans le blanchiment. Quelques-uns produisent aussi du tétrachlorure de carbone CCl^4, dont nous avons parlé plus haut.

La production mondiale de la soude par l'électrolyse a été de 51 000 tonnes en 1909. Cette quantité représente le dixième de la production totale.

Oxygène et hydrogène. — Depuis 1897, on a réalisé la préparation hydro-électrique de l'hydrogène et de l'oxygène, en électrolysant une solution de soude ou de potasse recouverte d'une couche d'huile pour empêcher l'acide carbonique de l'air de transformer les hydrates en carbonates.

Il existe divers procédés : ceux de Carutti et de Schmidt travaillent en solution alcaline avec électrodes de fer, celui de Schoop travaille en solution acide avec électrodes en plomb.

Le plus employé est le procédé Carutti, qui est exploité à Tivoli, à Lucerne, à Bruxelles et à Schiedam (Hollande). En France, il est exploité à Saint-Vrain et par la Société l'Oxhydrique Française, avec des productions respectives de 200 m^3 d'hydrogène, 200 m^3 d'oxygène et 400 m^3 d'hydrogène, 200 m^3 d'oxygène.

La Société d'Électro-Chimie fabrique aux Clavaux « l'oxylithe » et « l'hydrolithe » : ce sont des produits agglomérés en bloc qui jouissent de la propriété de dégager de l'oxygène ou de l'hydrogène lorsqu'on les immerge dans l'eau. Un kilogramme d'oxylithe fournit 140 litres d'oxygène et un kilogramme d'hydrolithe, 1000 litres d'hydrogène.

Étant donné les nombreuses applications de l'oxygène et de l'hydrogène (gonflement des ballons, soudure autogène et découpage des métaux, approvisionnement des laboratoires et des pharmacies, etc.), cette industrie aurait été susceptible de prendre un grand essor, mais les procédés de distillation fractionnée de l'air liquide (Linde et Claude) ont été pour elle de redoutables et heureux concurrents et, en fait, la préparation électrolytique de l'oxygène et de l'hydrogène a presque disparu.

Carborundum. — Le carborundum n'est autre chose que du siliciure de carbone. Son extrême dureté, comparable à celle du diamant, le fait employer dans la fabrication des meules pour le polissage des métaux. On l'utilise aussi pour la construction des trottoirs et des marches non glissantes, où la circulation est intense.

Enfin, il a trouvé un autre emploi intéressant dans le garnissage des fours métallurgiques, car il est insoluble dans le fer en fusion.

Siliciure de calcium. — Le siliciure de calcium est un produit nouveau de formule $CaSi^2$. C'est un réducteur énergique, qui peut remplacer l'aluminium et paraît trouver son emploi dans la désulfuration et la déphosphoration des fontes.

Autres fabrications et applications diverses. — Les applications de l'électro-chimie s'étendent à un nombre extrêmement grand de produits, et des plus divers. Nous n'avons parlé que des principaux d'entre eux, mais voici, pour terminer, l'énumération d'un certain nombre des autres, ces fabrications étant d'importance fort inégale et souvent fort minime :

Persulfate d'ammonium (Société d'Électro-Chimie dans son usine de Vallorbe).

Chromate de sodium.

Ferricyanure de potassium.

Carbonate de plomb (céruse).

Couleurs minérales (jaune de cadmium, bleu de Paris).

Couleurs d'aniline (Badische Anilin und Soda Fabrik).

Chloroforme et iodoforme.

Produits de réduction de la mono-nitrobenzine.

Siliciures alcalino-terreux.

Sels de baryte.

Phosphore (Maison Coignet, à Moutiers).

Ozone.

Enfin, parmi les applications de l'électrolyse autres que la préparation des produits chimiques, nous citerons :

L'électrozincage, le cuivrage, le nickelage, la galvanoplastie, l'argenture, la dorure, le désétamage.

Le décapage du fer, le décapage aux acides.

La confection des moules.

L'électro-gravure.

La sénilisation et l'ignifugation des bois.

Notons en passant que les applications de l'électrolyse que nous venons de citer, en particulier l'industrie des *enduits métalliques*, viennent d'être battues en brèche par le procédé Schoop que nous avons décrit l'an dernier et qui consiste à projeter violemment le métal de l'enduit sous forme de poussière très ténue à l'aide d'un chalumeau et de l'air comprimé. Ce procédé extrêmement rapide a reçu déjà de nombreuses applications. Ainsi que nous l'avons signalé à propos de la préparation de l'oxygène, l'électrolyse paraît perdre du terrain, espérons que quelque découverte remontera cette industrie qui paraît être moins en faveur que ses sœurs l'électrothermie et l'électrométallurgie.

A. Z.

L'ÉCONOMIE DANS LES DÉPENSES D'ÉNERGIE

POUR

LES SERVICES DE TRACTION

I. *Le moteur de tramway actuel.* — L'introduction du moteur électrique dans la traction remonte à une trentaine d'années; elle ne se traduisit pas immédiatement par des résultats vraiment pratiques, et ce n'est que vers 1890 qu'apparut le moteur à réduction simple qui devait se généraliser ensuite, pour aboutir, graduellement amélioré, au type de moteur dont nous disposons aujourd'hui, le moteur à pôles de commutation.

L'accord qui s'est promptement établi entre les constructeurs et les exploitants a considérablement facilité le perfectionnement graduel de l'appareil, et la construction générale de celui-ci est aujourd'hui vraiment remarquable.

Culasse, pôles, noyau, enroulement, collecteur, balais, paliers, ont été améliorés petit à petit d'une façon étonnante. Ainsi, la durée de service des tourillons, qui était de 5000 km à l'origine, atteint aujourd'hui 500000 km; l'adoption des pôles de commutation permet de faire fonctionner les appareils sous des tensions doubles des tensions anciennes; l'emploi des balais en charbon supérieur et le perfectionnement des collecteurs ont pour ainsi dire annulé l'usure de ces pièces.

Dans l'ensemble le moteur actuel donne de meilleurs résultats sous la tension de 1500 volts que le moteur ancien n'en donna jamais sous 600, et sa robustesse est tellement bonne qu'on peut la comparer, malgré la délicatesse inhérente aux organes électriques, à celle de n'importe quelle partie des véhicules.

Les spécialistes de la traction ne se sont pas cependant contentés de cette perfection technique; ils ont voulu aussi arriver à une économie d'énergie électrique de plus en plus grande. Sous l'aiguillon de ce désir, l'exploitation des tramways est entrée, depuis deux ou trois ans, dans une voie qui l'achemine vers des méthodes de travail nouvelles et modifie la façon dont on envisage les conditions à remplir par les équipements.

Ils se sont avisés que tout supplément de tare à transporter représente une dépense additionnelle appréciable dans les frais d'exploitation et ils ont voulu réduire au minimum le poids de toutes les parties, y compris celui du moteur.

On ne doit pas perdre de vue, cependant, que ce résultat ne peut être poursuivi en complète indépendance; on ne peut négliger les conditions que crée la nécessité d'assurer la continuité de service et d'éviter des frais d'entretien excessifs : ce qu'il faut, c'est rechercher quel est le compromis le plus avantageux entre les divers besoins en présence.

D'ailleurs, la diminution de la tare n'est pas le seul moyen de réduire les dépenses d'énergie et, pour résoudre ce problème, le mieux est de l'aborder directement [1].

II. *Réduction du poids des moteurs.* — *a.* La réduction du poids des moteurs est ordinairement obtenue en employant des vitesses de rotation plus grandes.

Or, il peut se faire qu'un moteur à grande vitesse, tout en ayant un rendement excellent en marche normale, se trouve inférieur à un moteur à moindre vitesse, dans les conditions de service ordinaires.

C'est ce qui arrive habituellement dans l'exploitation des tramways, parce que les dépenses d'énergie à la mise en marche représentent la partie essentielle des dépenses et qu'elles sont beaucoup plus grandes dans le type à grande vitesse que dans l autre.

D'une façon générale, on peut dire qu'il n'est pas sans danger de réduire le poids du moteur : une telle mesure constitue souvent un recul; les moteurs construits, il y a une dizaine d'années, étaient plus légers que ceux que l'on construit aujourd'hui; mais ils étaient aussi beaucoup moins sûrs et ils occasionnaient des dépenses d'entretien et des réparations supplémentaires.

Il y a néanmoins un moyen plus efficace d'arriver à la diminution des poids, c'est d'appliquer la ventilation forcée.

Il n'est pas difficile de produire la réfrigération; elle peut être obtenue, soit au moyen d'un ventilateur spécial, extérieur, soit à l'aide d'une roue de ventilateur montée sur l'axe du moteur même. On peut prendre l'air à l'extérieur et l'y renvoyer; si la poussière ou l'humidité est à craindre, il vaut mieux faire circuler l'air en un cycle ininterrompu.

Cette méthode est déjà en usage, comme on le sait, sur de grosses machines, elle donne d'excellents résultats au moyen d'un appareil de dimensions et de poids donnés.

Toutefois les tuyauteries nécessaires, et éventuellement les ailettes de réfrigération représentant un poids supplémentaire, le système n'est profitable qu'à partir de puissances assez fortes; on ne l'a guère appliqué d'ailleurs qu'afin de pouvoir obtenir avec un moteur logé dans l'espace dont on disposait les puissances que l'on avait à réaliser.

III. *Amélioration des opérations de mise en marche et d'arrêt.* — Des expériences concluantes ont montré que l'on peut réaliser une économie d'énergie très importante en accélérant les démarrages et en utilisant la force vive des véhicules; cette économie va quelquefois jusqu'à 20 ou 25 pour 100 de la dépense d'énergie constatée.

L'amélioration des manœuvres a d'ailleurs pour conséquence de diminuer l'échauffement auquel les moteurs sont soumis et elle pourrait permettre, dans certains cas, d'employer des moteurs de taille moindre, ce qui ferait

[1] N. W. Storer, *Street Railway Journal*, 4 janvier 1913.

réaliser une économie de poids sans affaiblissement de la robustesse mécanique.

Il importe toutefois, lorsque l'on veut faire des économies par le lancement méthodique et par l'utilisation de la vitesse acquise, que l'on opère avec soin.

Il s'agit en premier lieu de styler le personnel; mais il faut aussi éviter que les démarrages ne deviennent trop brutaux, car ils incommoderaient alors les voyageurs et ils nuiraient aux équipements.

Afin de se prémunir contre des mises en marche trop brusques, on a imaginé différents dispositifs d'amortissement du mouvement de la manivelle des contrôleurs; mais le procédé le plus efficace paraît être aujourd'hui d'employer des appareils de contrôle automatique, où l'accentuation se fasse régulièrement sous l'action du courant principal même.

Il existe actuellement des dispositifs de ce genre ne comportant qu'un minimum de verrouillages, de canalisations, etc., et d'un maniement extrêmement facile.

IV. *Réglage par le champ.* — La substitution du contrôle par le champ au contrôle rhéostatique ordinaire est probablement la modification la plus importante qui ait été réalisée au point de vue de l'économie dans les dépenses d'énergie.

Le contrôle par le champ fut appliqué autrefois, aux débuts de la traction électrique; il fut abandonné parce que les moteurs s'en accommodaient mal : il était défavorable à la commutation; depuis 1890, il était resté sans application.

Il a pu être repris dans ces derniers temps avec plus de succès; les connaissances théoriques des phénomènes de la commutation se sont grandement élargies. On a trouvé le moyen d'éviter les étincelles avec les moteurs à pôles de commutation. Les facilités de contrôle sont devenues beaucoup plus grandes.

La première application moderne importante du réglage par le champ fut réalisée dans la traction par courant alternatif simple, sur les locomotives du New York, New Haven and Hartford Railway; on la renouvela ensuite avec un entier succès pour les gros moteurs des puissantes locomotives du Pensylvania, puis sur des automotrices du Métropolitain de New-York.

Chaque fois, il donna de brillants résultats, de sorte que l'on peut considérer comme établi qu'il convient parfaitement pour toutes les tailles de moteur; qu'il s'agisse de moteurs à courant continu ou de moteurs à courant alternatif, les pôles de commutation permettent de faire fonctionner les appareils sous des tensions variant entre des limites étendues; toutefois leur application réclame certaines précautions.

Le procédé de contrôle par le champ cesse d'avoir aucun inconvénient et il devient le système de contrôle idéal, permettant d'obtenir économiquement des démarrages rapides et des vitesses élevées.

D'après les résultats constatés en pratique, l'économie qu'il fait réaliser, atteint jusqu'à 20 pour 100 des dépenses; on peut admettre qu'elle n'est jamais inférieure à 10 pour 100.

Cela n'est pas étonnant, si l'on considère que la plus grande partie du travail demandé aux moteurs de tramways dans les services urbains consiste à emmagasiner de l'énergie sous forme de force vive et si l'on songe que les démarrages se font communément avec les résistances en circuit.

D'une façon générale, à condition d'employer le contrôle par le champ, on peut, avec une même culasse de moteur, utiliser une armature à vitesse de rotation moindre pour arriver aux mêmes vitesses de marche; le courant absorbé est donc moindre et par conséquent aussi la dépense d'énergie.

D'autre part, s'il s'agit d'un cas où l'on n'a atteint pas avec les moteurs ordinaires, le maximum de réduction, on y arrive avec le contrôle par le champ et il devient possible d'utiliser aussi une carcasse de moteur moindre, c'est-à-dire de faire usage d'un moteur plus petit, moins cher et moins lourd.

Au surplus le contrôle par le champ présente encore les avantages suivants :

a. Les à-coups de courant au démarrage sont moins marqués et la demande imposée aux sous-stations est moindre qu'avec le réglage rhéostatique.

b. Les mêmes moteurs peuvent facilement fonctionner pour des services urbains et interurbains; avec des moteurs ordinaires, si l'on dispose les réductions de telle façon que les équipements soient appropriés aux petites vitesses, ils ne peuvent plus fonctionner économiquement pour les grandes.

Ces qualités sont acquises sans sacrifice appréciable, car le procédé n'a pas d'inconvénient notable; le seul reproche que l'on pourrait lui faire est de comporter un fil d'alimentation supplémentaire et de demander des appareils de contrôle un peu plus compliqués que le réglage rhéostatique; mais cet inconvénient est insignifiant comparativement aux avantages que possède le procédé.

L'application du procédé se fait sans difficulté; théoriquement on peut opérer, soit en fractionnant l'enroulement d'excitation, soit en disposant un shunt pour une partie ou pour la totalité de cet enroulement.

Le second procédé est peu satisfaisant : l'aimantation est paresseuse et rend le moteur sujet aux étincelles, lorsque, après une interruption accidentelle du circuit, le courant se rétablit brusquement.

Il vaut toujours mieux mettre hors de circuit quelques spires de l'enroulement d'excitation, plutôt que de les court-circuiter ou d'établir sur le moteur un shunt non inductif, et c'est cette méthode qui est la seule utilisée en pratique.

La portée de vitesses que l'on peut couvrir de cette façon est de 15 à 25 pour 100, ce qui implique la mise hors de circuit de 20 à 40 pour 100 des spires inductrices; cette opération peut généralement se faire en une seule étape au combinateur, sur de grosses locomotives

américaines, celles du Pensylvania, le nombre de spires est réduit de 50 pour 100 en trois phases.

La solution la plus économique est généralement de travailler avec une vitesse supérieure dépassant de 20 à 25 pour 100 la vitesse normale, à pleine excitation; cela correspond à une diminution des pertes rhéostatiques de 50 pour 100 au moins, sans entraîner de complication.

La portée de réglage possible dépend du nombre de lames au collecteur; si la tension entre les lames est faible, il n'y a pas d'inconvénient à surexciter le moteur; si elle est forte, toute modification du champ peut être accompagnée d'une distorsion qui se traduit par une accentuation de la tension entre lames et par la production d'étincelles.

L'on est souvent amené à se demander s'il ne peut être appliqué avec les équipements dont on dispose.

D'une façon générale, cette adaptation n'est pas recommandable s'il s'agit de moteurs ordinaires, sans pôles de commutation, parce que la commutation serait ordinairement défectueuse.

D'autre part, lorsque les moteurs sont munis de la plus grande réduction possible, il y a peu d'intérêt à les surexciter; l'induction est déjà forte au démarrage; les spires additionnelles ne produiraient pas d'effet appréciable et ne donneraient pas sensiblement le courant; réciproquement, en marche normale, il serait sans intérêt de diminuer l'excitation, puisque l'équipement est déjà conditionné pour donner les vitesses maxima.

Enfin, pour que l'on puisse tirer parti du contrôle par le champ il faudrait que les induits fussent bobinés pour des vitesses de rotation inférieures aux vitesses normales.

Quoi qu'il en soit, il est certain que le contrôle par le champ se généralisera promptement et qu'il sera appliqué dans l'avenir pour tous les équipements.

C'est dans cette direction, bien plus que dans la réduction directe du poids des machines, que l'on trouvera l'économie de l'exploitation.

H. Marchand.

SUR UN OSCILLOGRAPHE ÉLECTROSTATIQUE

La méthode actuellement appliquée pour enregistrer les très hautes tensions, et consistant à faire usage d'un oscillographe électro-magnétique ordinaire avec une forte résistance non inductive, mise en série avec l'instrument, présente différents inconvénients que l'on peut énumérer ainsi : la résistance non-inductive nécessaire est encombrante et coûteuse; elle occasionne une perte d'énergie considérable, ce qui peut rendre la méthode absolument inapplicable, par exemple lorsque l'on opère avec une machine à influence ou bien lorsque la perturbation due au courant absorbé par l'oscillographe n'est pas négligeable; l'effet de la capacité électro-statique de la résistance, qui s'accentue à mesure que celle-ci devient plus grande et que la tension s'accroît, peut avoir pour conséquence de décaler le courant dans l'oscillographe par rapport à la tension (1).

La figure 1 ci-contre représente un dispositif d'oscillographe électrostatique établi dans le but de remédier à ces inconvénients. Dans le mode de montage représenté par cette figure, on se propose de mesurer la différence de potentiel $a_0\,b_0$; C est un condensateur à huile destiné

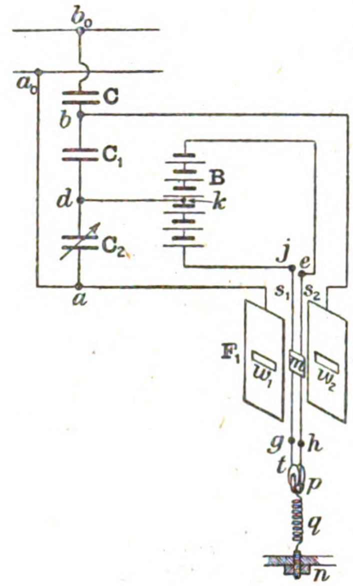


Fig. 1.

à réduire, s'il y a lieu, cette différence de potentiel à une valeur convenable, entre les bornes a et b de l'oscillographe; deux rubans de bronze, s_1 et s_2, sont tendus entre deux plaques métalliques parallèles, appelées plaques de champ, F_1 et F_2; ces rubans sont parallèles l'un à l'autre et parallèles aux plaques; ils portent vers leur milieu un petit miroir m; la tension est réglée de la façon habituelle, au moyen de la petite poulie p du ressort q et de la vis à tête moletée n. Contrairement à la méthode appliquée dans l'oscillographe ordinaire, les deux conducteurs de bronze sont isolés l'un de l'autre par un fil de soie, t, reliant leurs extrémités g et h et passant sur la poulie prémentionnée p; cette poulie est en ivoire; les deux conducteurs sont ainsi indépendants dans le champ électrique formé par le condensateur à plaques F_1 F_2; la plaque F_1 est munie d'une ouverture w_1 pour le passage du faisceau lumineux à l'aller et au retour; une ouverture exactement semblable est découpée dans l'autre plaque F_2 pour maintenir la symétrie du champ électrique. Le système des plaques et des conducteurs, monté sur un châssis en ébonite, constitue le vibrateur et est immergé dans un bain d'huile; les conducteurs sont reliés à des bornes pourvues de garnitures appropriées à la tension à

(1) Rapport présenté à la Physical Society. *The Electrician*, 21 novembre 1915, p. 290.

employer. 2 condensateurs à huile C_1 et C_2 sont connectés en série entre les points a et b; ils se trouvent par conséquent en dérivation par rapport aux plaques de champ, ainsi que le montre la figure; l'un de ces condensateurs C_2 doit être réglable. B est une batterie, d'éléments ordinaires ou d'éléments secs; il y a lieu de préférer les éléments secs; cette batterie est montée sur un support isolant; son point milieu k est connecté au point d entre les condensateurs C_1 et C_2; les extrémités de cette batterie sont reliés aux conducteurs s_1 et s_2 de manière à les charger, de la même façon que cela se fait pour l'aiguille d'un électromètre à cadran. La largeur des plaques de champ est de 9 mm ; leur écartement de 5 mm et leur hauteur de 15 mm. Les dimensions du vibrateur sont à peu près identiques à celles du vibrateur de M. Duddell, dans les derniers types d'instruments de cet inventeur [1]; les deux vibrateurs peuvent donc être placés côte à côte dans le même bain. Lorsqu'on réalise ce mode de montage, on constitue l'une des plaques de champ F_2 par une lame de fer doux faisant partie du circuit magnétique. L'huile joue un rôle important dans l'oscillographe ; non seulement il sert d'amortisseur et d'isolateur, mais sa haute capacité inductive spécifique, comparativement à celle de l'air, augmente notablement la sensibilité de l'instrument, qui n'aurait d'ailleurs pas été réalisable à défaut de la propriété bien connue du diélectrique dont il s'agit de produire un très

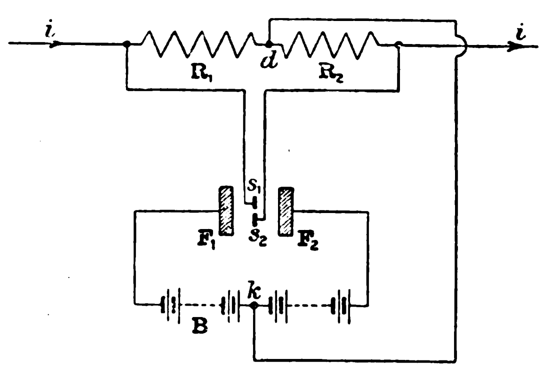


Fig. 2.

faible déphasage entre l'intensité électrique appliquée et le déplacement qui en est conséquence.

Dans les cas où la tension est faible et où la source d'énergie est très limitée, de telle sorte que l'on ne peut obtenir un courant suffisant pour actionner l'oscillographe ordinaire, il est possible de recourir au vibrateur électrostatique et d'appliquer la tension en question aux conducteurs s_1 et s_2, tandis que les plaques F_1 et F_2 sont reliées aux bornes d'une batterie à haute tension ou d'une machine électrostatique, ainsi qu'il est indiqué à la figure 2.

Lorsqu'il est réglé pour avoir une période naturelle de vibrations de 1 : 3300 seconde, on obtient une onde de 2 cm d'amplitude à une distance de 70 cm, sous une tension $V_a - V_b = 2000$ volts, la force électromotrice totale de la batterie étant de 300 volts; la sensibilité peut être modifiée aisément en augmentent ou en diminuant le nombre d'éléments de la batterie B.

La tension entre les plaques peut être de 1000 à 6000 volts; on a d'ailleurs mesuré des tensions jusqu'à 9000 volts.

Avec l'oscillographe ordinaire, il est impossible d'enregistrer les courants de très faible intensité — moins de 1 : 1000 ampère — sans employer un transformateur d'intensité; dans certains cas, l'emploi de cet instrument peut ne pas être désirable; l'oscillographe électrostatique est alors indiqué. Les connexions sont réalisées de la façon indiquée à la figure 2, dans laquelle R_1 et R_2 sont deux résistances exactement semblables et dont l'inductance et la capacité sont aussi faibles que possible; ces résistances sont mises en série dans le circuit du courant à enregistrer; le point milieu d est relié au point milieu k de la batterie à haute tension B. Il est moins coûteux de substituer à celle-ci une machine à influence, fonctionnant sur deux condensateurs mis en série; ces condensateurs avec la machine remplacent la batterie dans le schéma normal : le point milieu, k, est relié au point milieu d des résistances et les bornes extérieures aux lames F_1 et F_2.

L'oscillographe électrostatique a permis par exemple d'enregistrer le courant de charge d'une plaque de verre de 7 mm d'épaisseur placée entre deux armatures formées d'une feuille de papier d'étain de 21 cm sur 15 cm, dans l'air, avec une tension effective de 9000 v; la valeur maximum de ce courant était de 0,0005 ampère; la différence de potentiel entre les plaques était de 3500 volts; cette tension était obtenue au moyen d'une machine de Wimshurst [1]. H.

[1] Nous avons décrit antérieurement cet intéressant oscillographe électromagnétique. Voy. *L'Industrie Électrique*, du 10 décembre 1909, p. 551.

[1] Ce n'est pas uniquement pour l'enregistrement que les appareils électrostatiques peuvent présenter des avantages; une étude intéressante à ce sujet vient précisément d'être présentée à l'Institution anglaise d'ingénieurs électriciens (C.-C. Paterson, E.-H. Rayner et A. Kinnes, Use of electrostatic method for the measurement of power, *Institution of Electrical Engineers*, mai 1913).

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 17 novembre 1913.

Sur l'aimantation de l'oxyde azotique et le magnéton, par MM. Pierre Weiss et Auguste Piccard. — La mesure de l'aimantation des gaz est particulièrement importante à cause de la manière immédiate, en dehors de toute considération d'énergie potentielle, dont la théorie cinétique leur est applicable. C'est ce qui nous a décidés à entreprendre, après la détermination du coefficient

d'aimantation de l'oxygène [1], celle du coefficient d'aimantation de l'oxyde azotique NO.

La méthode employée consiste à mesurer alternativement la dénivellation magnétique de l'eau sous une atmosphère de gaz à étudier et sous une atmosphère d'hydrogène. La différence des deux dénivellations mesure la susceptibilité du gaz, et la dénivellation sous l'hydrogène celle de l'eau. Cette dernière étant actuellement bien connue, la mesure donne l'aimantation du gaz en valeur absolue.

Pour l'oxyde azotique cette détermination est délicate. En effet, tandis que la substitution de l'oxygène à l'hydrogène augmente la dépression magnétique de 1/5 de sa valeur, la substitution de l'oxyde azotique à l'hydrogène ne l'augmente que de 1/14. Néanmoins, une détermination précise est devenue possible, grâce aux perfectionnements apportés par Piccard à la mesure des dénivellations magnétiques, à l'occasion de notre détermination de l'aimantation de l'oxygène. Ils consistent dans la purification du ménisque par extension indéfinie et dans la précaution prise de ne pas laisser l'intérieur du tube se dessécher par le passage de l'air, entre le lavage chimique et la mesure.

L'appareil a été reconstruit dans toutes ses parties en vue de cette expérience. L'étude préliminaire a permis de reconnaître et d'éliminer un certain nombre de causes d'erreurs se rattachant, soit à une stabilité insuffisante, soit à des différences de pression minimes entre l'atmosphère extérieure et le gaz. L'oxyde azotique a été préparé dans un appareil à production continue en réduisant le nitrite de potassium par le ferrocyanure de potassium. L'analyse a été faite en absorbant l'oxyde azotique au moyen du sulfate ferreux. On a trouvé :

	Dépression magnétique		Température	
	sous hydrog. en mm.	sous ox. azotique en mm.	du gaz en degrés.	de l'aimant. en degrés.
	2,2041	»	20,0	20,8
	»	2,3641	20,0	20,2
	2,2018	»	20,0	20,8
	»	2,3647	»	»
	2,2040	»	19,9	19,0
Moyenne. .	2,2033	2,3649		
Différence .	0,1616			

Coefficient d'aimantation de l'eau, — 0,7193.10⁻ à 20°; pression, 714,4 mm; tension de la vapeur d'eau, 17 3 mm; température, 19,9°; impuretés, 15 pour 1000 de gaz inerte (azote).

On en déduit pour le coefficient d'aimantation moléculaire de l'oxyde azotique NO :

$$\chi_m = 1400,3,\ 10^{-6}.$$

Ce nombre doit être corrigé du diamagnétisme sous-jacent. Les mesures de Pascal sur les composés d'azote et d'oxygène diamagnétiques donnent :

[1] *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1234.

	χ_m.
N^2O^6	$-28,2.10^{-6}$
N^2O^4	$-21,3.10^{-6}$
N^2O^3	$-22,1.10^{-6}$

avec une diminution constante du diamagnétisme pour chaque atome d'oxygène enlevé. On en déduit pour NO la correction $10,1.10^{-6}$ qui est connue avec une précision suffisante, puisqu'elle n'est que de 0,7 pour 100. On trouve pour la saturation moléculaire

$$\sigma_m = 10156,$$

laquelle, divisée par la valeur du magnéton 1123,5, donne

$$9,039,$$

nombre qui est entier au degré de précision des mesures. L'écart correspond en effet à 1,4 millième de millimètre sur la différence des ascensions.

Après les mesures sur l'oxygène, qui avaient donné 7,007 magnétons par atome, ce résultat complète la détermination des nombres de magnétons des deux gaz paramagnétiques connus.

Séance du 24 novembre 1913.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 1er décembre 1913.

Sur l'origine du magnétisme terrestre. par M. A. Korn. — Dans une note récente [1], M. Kr. Birkeland s'est occupé de la question, si le magnétisme terrestre peut avoir été créé par des influences secondaires de la rotation de la Terre. L'éminent physicien norvégien, en s'appuyant sur ses belles expériences bien connues, cherche la cause du magnétisme terrestre dans l'induction qu'exercent les rayons héliocathodiques sur la Terre en rotation. Je me permets de rappeler à cette occasion une théorie du magnétisme terrestre un peu différente [2], mais s'accordant avec la théorie de M. Birkeland, quant à la supposition fondamentale que le magnétisme terrestre doit son origine à la rotation de la Terre et que ce n'est pas par un pur hasard que l'axe magnétique de la Terre se trouve si près de son axe de rotation.

Je suppose que la Terre (comme tous les corps célestes) fait des pulsations (changements de volume périodiques) de très haute fréquence, mais d'amplitude minime ; c'est la vibration fondamentale des *vibrations universelles* [3], dont un système de particules faiblement compressibles est capable dans un milieu indéfini et incompressible La

[1] *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 275.

[2] A. Korn. *Sitz. Ber. d. K. Bayer. Ak. d. Wissensch.*, t. XXVIII, 1898, p. 129.

[3] *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 31 ; *Ann. de l'Éc. Norm. sup.*, 3e série, t. XX, 1903, p. 133; *Eine Theorie der Reibung in kontinuierlichen Massensystemen*. Berlin, Ferd. Dümmler, 1902.

gravitation universelle peut être regardée comme une conséquence immédiate des pulsations universelles, mais je ne veux pas m'occuper ici de cette conséquence des pulsations de la Terre ; je voudrais attirer l'attention sur la composition de ces pulsations avec le mouvement rotatif de la Terre. Comme la Terre change périodiquement son volume, elle ne pourra pas faire un mouvement rotatif de vitesse uniforme, mais à une rotation de vitesse constante viendra s'ajouter une rotation de vitesse périodique, et c'est justement cette rotation périodique qui correspond dans mes théories mécaniques à un champ magnétique engendré par des particules magnétiques dont l'axe est parallèle à l'axe de rotation de la Terre.

Comme dans la théorie de M. Birkeland, ce champ magnétique paraît d'abord trop petit pour produire le champ magnétique de la terre assez fort que nous observons : mais nous devons nous imaginer que ce champ ne s'est pas formé tout d'un coup, c'est le résultat obtenu d'un temps extraordinairement grand : peu à peu les particules magnétiques permanentes ou à peu près permanentes de la Terre se sont orientées suivant ce champ, et le magnétisme terrestre n'est donc pas un phénomène explicable par l'état actuel de la matière, mais c'est un phénomène *héréditaire* dans le genre de ceux que M. Volterra a envisagés dans ses applications des équations intégro-différentielles.

Nous devons bien penser qu'il y a toujours eu dans la Terre des particules magnétiques permanentes (le phénomène du magnétique permanent peut être aussi expliqué d'une manière purement mécanique comme un phénomène de vibrations mécaniques de très haute fréquence), mais l'orientation de ces particules s'est faite peu à peu, et si nous pouvions arrêter la Terre dans son mouvement de rotation, le champ magnétique de la Terre ne disparaîtrait pas tout d'un coup ; si elle commençait à tourner dans le sens opposé, la direction de l'axe magnétique ne changerait que lentement et se rapprocherait peu à peu du sens opposé de l'axe actuel.

On comprend de cette manière du reste que le Soleil et les planètes peuvent avoir une influence périodique sur la direction de l'axe magnétique de la Terre, et l'on se trouve en face d'un problème d'hérédité assez compliqué, si l'on veut expliquer les variations diurnes et séculaires de l'axe magnétique de la Terre.

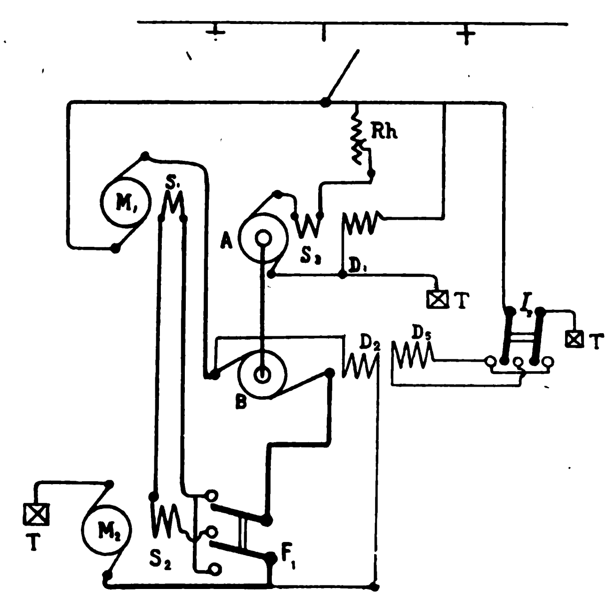
Il n'est pas invraisemblable que la rotation de la Terre ait ainsi plusieurs influences secondaires tendant toutes vers le même but, c'est-à-dire à rendre l'axe magnétique de la Terre parallèle à l'axe de rotation ; il s'agira de trouver les influences prépondérantes ou encore mieux les quantités exactes de chaque influence ; malgré la difficulté de ces problèmes, il n'y a pas lieu de désespérer de la possibilité d'une solution, puisque nous sommes guidés par des observations très exactes des variations de l'axe magnétique de la Terre.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 3 décembre 1913.

Nouveau système de traction électrique. — Démarrage sans résistance et récupération, système S. T. A. R., par M. Legouez. — De tout temps on a cherché à affranchir la traction à courant continu de la marche avec résistances en série, qui oblige à gaspiller une quantité importante d'énergie. Sur les chemins de fer métropolitains en particulier, où les démarrages et les arrêts sont fréquents, il n'est pas sans intérêt d'obtenir un démarrage sans résistances et une récupération au moment du freinage ; mais, on en conviendra, le problème à résoudre est assez délicat.

La suppression des résistances de démarrage a été réalisée sur les locomotives en adaptant le système bien connu de Ward-Léonard, qui consiste à installer sur la



locomotive un moteur à vitesse constante, actionnant une dynamo à excitation variable et séparée qui alimente les moteurs. En agissant sur l'excitation on provoque le démarrage graduel des moteurs. L'inconvénient du système est de nécessiter un groupe très lourd, parce que sa puissance doit être supérieure à celle des moteurs.

Le système S. T. A. R. (système de traction auto-régulatrice) essayé récemment avec succès sur le chemin de fer Métropolitain de Paris comporte un survolteur-dévolteur à intensité constante s'appliquant aux trains à unités multiples et permettant la récupération.

Chaque motrice comporte les deux moteurs série de 175 chevaux du type normal $M_1 M_2$ et une régulatrice formée d'un moteur à vitesse constante A (à enroulement compound $D_1 S_3$, alimenté par la distribution à 600 volts figurée par le fil du haut du schéma et les retours T)

et un survolteur B calé sur le même arbre excité : 1° par un enroulement shunt en dérivation sur ses balais D_2 et 2° par un enroulement à excitation indépendante D_5 pouvant être inversée en I_2. L'induit de ce survolteur est intercalé entre le réseau à 600 volts et les moteurs série.

Démarrage. — Si U est la différence de potentiel du réseau. E_1 la f. e. m. due à l'enroulement shunt, H_1 celle due à l'enroulement indépendant et I le courant, on a au démarrage :

$$E_1 - U + H_1 - RI = 0.$$

Comme par construction $E_1 = U$, il reste $H_1 - RI = 0$.

Dans la première partie du démarrage, tandis que les moteurs de la voiture ne fournissent qu'une faible force contre-électromotrice, le survolteur B fonctionne en devolteur ; il est traversé par le courant I des moteurs et entraîne A, qui fournit du courant au réseau. Puis à mesure que la force contre-électromotrice des moteurs augmente, la force contre-électromotrice de B diminue, s'annule même, ce qui correspond à la marche en série des moteurs sur le réseau, puis change de sens. A ce moment, A devient moteur et entraîne B dont la tension s'ajoute à celle du réseau jusqu'à doubler cette dernière, ce qui correspond à la marche en parallèle dans le système classique série parallèle. Ainsi qu'il est facile de le voir, le courant fourni aux moteurs reste constant, mais le courant mis au réseau varie du simple au double.

Récupération. — Si, dans le montage ci-dessus, on inverse le sens du courant dans l'enroulement indépendant D_5 à l'aide de l'inverseur I_2, ainsi que l'excitation des moteurs $M_1 M_2$ à l'aide de l'inverseur, F_1 la régulatrice débitera sur le réseau et un freinage se produira. Deux périodes sont à considérer : 1° établissement de la récupération tandis que les moteurs sont à vitesse sensiblement constante et 2° récupération proprement dite. La première période est particulièrement dangereuse, en ce sens que les moteurs s'excitent brusquement avant que la régulatrice ait eu le temps de participer à ce changement, à cause du retard occasionné par la self-induction de l'enroulement shunt, il s'ensuit que l'intensité ne peut plus être maintenue constante. On a été conduit à prendre des précautions spéciales pour parer à l'instabilité de fonctionnement, la plus simple consiste à créer un amortissement suffisant en shuntant par exemple les inducteurs des moteurs de traction par un circuit sans self, mais alors on affaiblit le couple résistant. Dans la combinaison S. T. A. R. on forme un shunt avec l'induit d'une machine auxiliaire calée sur l'axe de la régulatrice. L'excitation de cette troisième machine est formée de deux enroulements en dérivation, l'un aux bornes de la régulatrice, l'autre assurant une excitation constante, la récupération se fait alors dans d'excellentes conditions sans à-coups sur le réseau et sans secousses pour les voyageurs.

Les trois machines pèsent ensemble 1850 kg, mais comme cela a permis de supprimer les rhéostats, des contacteurs, etc., des anciens équipements, le supplément de poids n'est guère que de 1400 kg soit 3 pour 100 du poids total.

Les essais ont été faits avec un train formé de deux motrices, l'une ancienne, l'autre du système S. T. A. R. Le résultat moyen pour 14 voyages représentant environ 250 km a permis de constater une économie de 20 pour 100 d'énergie sur l'ancien système série-parallèle. Cette économie est telle que si elle était obtenue avec tous les trains, on dépenserait par an 20 millions de kw-h de moins.

Notons en passant que le freinage actuel accumule près de 500 000 kg de poussières métalliques dans le souterrain : ces poussières seraient presque évitées avec le système S. T. A. R.

Sur la conductibilité des gaz et des vapeurs émis par les locomotives à vapeur, par M. Parodi. — Rappelant la vieille expérience de la machine d'Armstrong, M. Parodi montre que les gaz et vapeurs sortant des locomotives thermiques ionisent l'air au point de rendre difficile, dans les souterrains, l'exploitation des lignes électriques à haute tension (ligne des Giovi).

Ayant fait des essais au-dessus d'une cheminée de locomotive, dont on faisait varier la quantité de vapeur injectée à l'aide du souffleur, M. Parodi a remarqué que la conductibilité du mélange gazeux obtenu correspondait à une réduction de la distance d'éclatement, et il propose d'utiliser cette propriété pour faire les essais d'isolateurs, ce moyen lui semblant plus commode que celui de la pluie artificielle.

M. Brylinski s'élève, avec juste raison, contre l'emploi d'une telle méthode d'essai, en montrant que la pluie artificielle est un moyen facile à employer, très régulier dans son emploi, tandis que la méthode préconisée par M. Parodi est basée sur des phénomènes mal connus qu'il est difficile de reproduire dans des conditions identiques.

A. S.

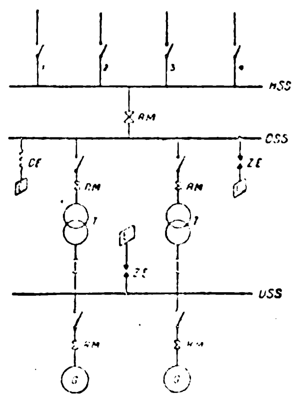
REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Les surtensions dans les installations électriques. — Le docteur W. Kummer, de Zurich, donne une évaluation des pertes annuelles subies par les stations suisses du fait des surtensions. Si l'on estime à 350 millions de francs le capital représenté par ces installations, les pertes annuelles correspondent à 1,5 pour 100 du capital engagé, soit une dépense de un demi million. L'auteur résume les nombreuses études théoriques parues récemment sur ce sujet et montre la marche des phénomènes de réflexions d'ondes, dérivations à la terre, effets des condensateurs et bobines de self-induction.

Différents moyens peuvent être adoptés pour combattre les surtensions. On peut prendre des mesures préventives, telles que l'emploi d'interrupteurs non inductifs avec résis-

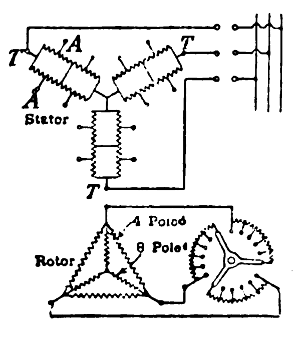
tance de choc, l'abaissement du courant dans les lignes par le choix d'une haute tension, l'installation d'alternateurs ayant une courbe de force électro-motrice se rapprochant le plus possible de la sinusoïde pure, l'emploi d'un fil conducteur spécial placé au sommet des poteaux. On peut également tenter de dériver à la terre les courants de surtension. Les dispositifs du second type peuvent être divisés en deux catégories : ceux agissant par réflexion, de façon intermittente, tels que les condensateurs ou bobines de self, repoussant l'énergie des surtensions dans les dérivations où elle doit se perdre, et ceux qui restent en circuit d'une façon permanente. La mise à la terre intermittente des lignes se fait à travers des chemins d'éclatement, parafoudres à cornes ou à cylindres en série avec des résistances ohmiques; suivant la longueur du chemin à parcourir par l'étincelle les appareils fonctionnent comme protecteurs contre les coups de foudre ou les surtensions. La difficulté rencontrée parfois pour leur réglage leur fait souvent préférer les appareils à mise en circuit continue, parafoudre à jets d'eau en série avec des résistances ou dispositif de Rüdenberg comprenant une capacité diminuant progressivement et une self croissant progressivement.



La disposition considérée actuellement comme offrant le maximum de sécurité contre les surtensions est celle figurée ci-contre. Les arrivées de lignes sans bobines de self sont en 1, 2, 3, 4. Elles sont connectées à des barres collectrices auxiliaires HSS reliées aux appareils réfléchissant les ondes RM, auxquels sont connectées les barres haute tension proprement dites OSS. Sur ces barres sont branchés les appareils de mise à la terre continue DE et ceux de mise à la terre intermittente ZE. Les transformateurs T sont reliés aux barres OSS à travers des appareils RM La même succession se reproduit entre les transformateurs et les alternateurs. (*Schwz. Bauz.*, n°s 25-26, 1913.) M. A.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Moteur à induction à plusieurs vitesses. — Hunt indique un nouveau mode de connexion pour moteurs d'induction à plusieurs vitesses, consistant à réunir le bobinage du stator avec un enroulement auxiliaire produisant deux champs magnétiques différents. L'enroulement du stator est divisé en plusieurs groupes montés en parallèle de telle sorte que les effets des courants du stator et des courants induits du rotor puissent être concordants ou opposés. La mise en circuit de résistances dans les différents groupes permet de réduire à zéro le courant primaire sans annuler les courants secondaires; ces résistances servent au démarrage et au réglage de la vitesse. La figure ci-contre montre le schéma réduit d'un moteur Hunt à deux vitesses. Les bornes T sont connectées aux phases du stator, tandis que les bornes A servent pour les résistances du stator, dont une partie est mise en court-circuit au démarrage. Le rotor est bobiné dans le cas cité à 4 ou à 8 pôles se correspondant aux deux vitesses de 750 ou 500 tours par minute. Lorsque les bagues de l'induit sont mises en court-circuit, le moteur est à 8 pôles. Pour une puissance donnée, ce type de moteur présente l'avantage d'avoir un couple de démarrage double de celui du moteur à bagues ordinaire. En outre, le moteur a l'avantage de travailler comme générateur au passage d'une vitesse à la vitesse inférieure et par suite de se freiner automatiquement. (*The Electr.*, 21 février 1913.) M. A.



TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Intensité des signaux radiotélégraphiques suivant l'époque et l'heure. — D'après P. Schwarzhaupt, l'intensité des signaux de T.S.F. serait aux tropiques quatre fois plus forte la nuit que le jour. Il était donc à prévoir que dans nos contrées l'on pourrait observer des variations d'intensité suivant la hauteur du soleil.

Les essais de l'auteur ont été effectués entre Norddeich et une station située à 420 km de là. Pour éviter les erreurs l'on a employé pour la réception un galvanomètre à miroir d'une sensibilité 1.10^{-9} amp. pour une distance d'échelle de 1 m.

L'auteur établit que pendant le cours d'une journée il n'existe pas de variation sensible de l'intensité; de même, pendant les différents jours de l'année, l'intensité de réception est sensiblement la même, par conséquent elle est indépendante de la hauteur du soleil.

Dans la nuit au contraire il apparaît des variations importantes suivant l'époque de l'année. Au printemps et en automne l'intensité de nuit était le double de celle du jour, en été au contraire la différence était à peine sensible.

On a trouvé aussi que l'intensité de réception était indépendante de la pression atmosphérique, des variations de température, de la vitesse du vent et du degré d'humidité.

Voici le tableau des rapports de l'intensité de nuit à celle du jour pour les différents mois de l'année.

Mois	Rapport
Février	2,06
Mars	2,07
Avril	2,20
Mai	1,29
Juin	1,09
Juillet	1,22
Août remis à cause de fortes perturbations atmosphériques.	
Septembre	2,14
Octobre	2,82
Novembre	3,15
Décembre	1,79
Janvier	1,64

L'auteur a constaté de très fortes variations d'intensité pendant une même nuit, dans un cas en 7 minutes l'intensité a doublé puis a repris sa valeur précédente; dans un autre cas l'intensité de nuit a été jusqu'à 8 fois celle du jour.

L'hypothèse de Heaviside explique assez bien ces phénomènes. Il admet qu'à 50 ou 100 km de hauteur se trouve une couche ionisée qui réfléchit les ondes vers la terre. Pendant le jour à cause de la lumière solaire, cette couche se trouve à une grande profondeur et est réfléchie plus rapidement, de sorte que la portée devient plus faible. L'on a établi qu'il existait une telle couche après le coucher du soleil à l'aide de recherches spectrométriques.

L'auteur a trouvé que l'éclairement lunaire n'avait pas d'influence sur les ondes. (*E. T. Z.*, 28 août 1913, p. 997.) F. H.

Calcul des bobines de self sans fer pour fortes intensités. — Emde donne le calcul de ces bobines en fonction du courant, de la tension et de la fréquence. Pour déterminer

la perméabilite, il admet que l'enroulement n'est pas très épais, de façon que l'on puisse considérer que la bobine est à parois infiniment minces.

On peut calculer le coefficient d'induction de l'enroulement par la formule

$$L_1 = 2\pi l.x.y.$$

l longueur du cylindre, x le rapport du diamètre à la longueur, y grandeur dépendant de la forme de la bobine.

Les valeurs de y sont données d'après les calculs de Lorenz, Coffin et d'après une théorie de l'auteur dans un tableau annexe.

Pour pouvoir choisir les principales dimensions de la bobine l'on doit pourtant considérer certaines autres grandeurs. On trouve que le poids du cuivre G pour l'unité d'énergie magnétique W

$$\frac{G}{W} = \frac{Cg}{ly} = \gamma$$

avec

$$Cg = \frac{\mu\rho}{2h\tau\eta}$$

ρ est la résistance spécifique du cuivre, h la conductibilité thermique, τ la surélévation de température, η un coefficient égal à 0,9, μ le poids spécifique du cuivre égal à 9 et

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

On emploie par conséquent d'autant moins de cuivre que $l.y$ sera grand Pour des bobines longues la quantité relative de cuivre est indépendante de la longueur. La grandeur de la bobine (produit de la longueur par le diamètre) dépend de la puissance apparente ; la quantité de cuivre, au contraire, de l'énergie magnétique. L'auteur arrive à cette conclusion que le choix de la longueur et du diamètre dépend de la quantité admissible de cuivre et des pertes admissibles. Les meilleurs résultats sont donnés par un diamètre égal à 2,5 fois la longueur. Il est recommandable d'employer du cuivre plat pour les conducteurs.

Les bobines pour faibles fréquences doivent être construites pour une grande constante de temps. (*Elektr. u. Maschin.*, n° 30, 1912, p. 221.) F. H.

Influence de l'atmosphère en T. S. F. — On a souvent remarqué, pendant des expériences radiotélégraphiques, de grandes variations d'énergie reçue. Il est probable que cela est dû aux différents états d'ionisation de l'air qui absorbe plus ou moins les ondes. Pour serrer cette question de plus près l'auteur a fait des recherches sur l'influence des différents états de l'atmosphère sur l'amortissement du poste émetteur. Pendant une année l'auteur a relevé 1000 valeurs de l'amortissement. Les résultats communiqués indique de grandes variations de l'amortissement.

L'auteur a trouvé ce qui suit :

1° Si l'antenne est couverte de givre, l'amortissement est 80 pour 100 plus fort que normalement ;

2° La pluie a une grande influence sur l'augmentation de l'amortissement. Même quelques gouttes suffisent pour amener une variation ;

3° Même influence en cas de neige ;

4° Le brouillard n'augmente que très peu l'amortissement, un brouillard très humide donnera un accroissement de 10 pour 100 ;

5° En même temps que l'amortissement la capacité de l'antenne augmente.

Avec le givre	1	pour 100.
Couverte de glace.	2	—
Pendant la pluie	2	—
Pendant la neige	1,2	—

Les courbes qui représentent l'amortissement de l'antenne sont parallèles.

6° L'on a trouvé également une différence entre l'hiver et l'été. Le tableau suivant donne les résultats trouvés :

Janvier, Février, Mars	décrément de	0,015 à 0,017
Avril, Mai	—	0,020 à 0,022
Juin, Juillet	—	0,024 à 0,026

7° L'auteur a trouvé également que l'amortissement variait périodiquement dans un jour. Ces variations sont de 10 à 20 pour 100. La caractéristique de ces courbes est différente en hiver et en été. En hiver, il apparaît deux maxima, l'un situé entre 11 et 12 heures, l'autre entre 7 et 8 heures du soir. En été les amplitudes sont plus grandes ; le premier maximum se trouve vers 12 heures et l'autre vers 5, un troisième apparait à minuit. (*Phys. Zeitschr.*, n° 15, 1912, p. 721.) F. H.

Détermination de la capacité des antennes horizontales à conducteurs rectilignes. — On peut calculer la capacité d'un fil simple d'une façon assez approchée par la formule

$$V^2 = \frac{1}{LC}$$

V, vitesse de déplacement le long du fil ;
L, coefficient de self-induction par unité de longueur ;
C, capacité par unité de longueur.

Cohen procède de la même façon pour plusieurs fils et il détermine une valeur de la self-induction des fils en supposant qu'il apparaît une force électromotrice dans un fil et il détermine l'effet d'induction sur les autres au moyen des formules des transformateurs. Pour plus de deux fils, il les partage en deux groupes, qu'il étudie comme deux conducteurs simples.

Quoique les résultats obtenus par ce procédé ne soient qu'approximatifs (à 20 pour 100 près), il permet d'étudier comment varie la capacité en fonction de la longueur du fil, de la hauteur, du nombre de conducteurs, etc. (*The Electrician*, n° 70, 1923, p. 881.) F. H.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Chemin de fer électrique Monza-Lecco. — La ligne de Monza à Lecco, longue de 38 km, sera prochainement équipée électriquement et reliée aux chemins de fer de la Valteline, de sorte que ce parcours de 250 km de Milan à la frontière Suisse près de Tirano sera effectué entièrement par un chemin de fer électrique. Le courant adopté est du triphasé, 3200 v, 15 p : sec., fourni par l'usine hydro-électrique de Robbiate sur l'Adda, de la compagnie Edison, à 22500 v, et abaissé à 3200 v dans trois sous-stations équipées chacune de 4 transformateurs monophasés de 750 kv-a. Le transport d'énergie est fait uniquement par des câbles armés de 3 × 40 mm² avec isolement au papier posé par deux dans des caniveaux. Afin de poser rapidement ces câbles, on montait le tambour sur un wagon de chemin de fer ; la vitesse de pose atteignit ainsi 400 m en 12 minutes. Cette ligne sera mise en service à la fin de l'année 1913.

TRANSFORMATEURS

Transformateurs pour plusieurs fréquences. — G. A. Thornton et Goldmann ont effectué l'étude de transformateurs auto-refroidisseurs ou à refroidissement par circulation d'eau à 25 et 60 p : sec. Les rapports de transformation étaient de

13200 à 4480 volts. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

	REFROIDISSEMENT			
	NATUREL.		PAR CIRCULATION D'EAU.	
Fréquence, en périodes par seconde.	25	60	25	60
Charge, en kw.	500	750	750	1500
Pertes dans le fer, en w	3100	6200	3150	6200
Courant magnétisant à tension normale, en centièmes	10	4	5	2
Pertes dans le cuivre. Pleine charge, en watts.	4690	2415	9670	9670
Impédance. Chute de tension, en centièmes	4,15	4	»	»
Température de l'huile à pleine charge, en degrés C.	30	31	15	18
Température de l'huile avec 50 p. 100 de surcharge, en degrés C.*	39,5	32	25,5	27
Température du primaire à pleine charge et à 50 p. 100 de surcharge, en degrés C.	41 à 56	40 à 45	35 à 54	40 à 55
Consommation d'eau, en litres par minute	»	»	16	30

* Température ambiante 15 à 18° C.

Les pertes dans le fer à 60 périodes par seconde sont doubles de leur valeur à 25 p : sec. Par contre, les pertes dans le cuivre sont moitié dans le transformateur autorefroidisseur et restent constantes dans le transformateur à circulation d'eau. Le même transformateur peut être chargé à 500 kilowatts à 25 p : sec. avec refroidissement naturel et à 1500 kilowatts à 60 p : sec. avec circulation d'eau. L'élévation de température et le rendement peuvent être considérés en général comme indépendants de la fréquence. Les enroulements étaient montés en série à 25 p : sec. et en parallèle à 60. (*El. World*, 22 février 1913.) M. A.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par l'Office international de Brevets d'invention DUPONT *et* ELLUIN
42, *boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.*

H. ELLUIN, Ingénieur-électricien (E. P. — E. S. E.)

452 872. — **Maison Bréguet.** — *Interrupteur de fin de course réglable pour manœuvres très fréquentes et permettant le freinage électrique des moteurs à marche éventuelle dans les deux sens* (4 janvier 1913).

452 873. — **Maison Bréguet.** — *Dispositif de démarrage à plots amovibles à nombre d'échelons quelconque et pour intensités quelconques* (4 janvier 1913).

452 880. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Perfectionnements dans les mécanismes actionnés électriquement* (4 janvier 1913).

452 883. — **G. Chrétien et Cie.** — *Procédé pour augmenter le pouvoir isolateur des corps employés comme isolants électriques* (19 mars 1912).

452 914. — **Soulat.** — *Système permettant de transformer les compteurs d'énergie pour courant continu ou pour courant alternatifs en compteurs à dépassement* (6 janvier 1913).

452 976. — **Le Matériel téléphonique.** — *Machine à bobiner* (9 janvier 1913).

452 997. — **Société anonyme Westinghouse.** — *Perfectionnements aux transformateurs à haute tension* (9 janvier 1913).

453 054. — **Le Bolloch.** — *Lampe électrique à incandescence à filaments multiples et son mode de prise de courant* (10 janvier 1913).

453 058. — **Société internationale de Lumière froide.** — *Appareil pour la télégraphie optique* (22 mars 1912).

453 085. — **Société dite : Signal G. m. b. H.** — *Aéroplane avec équipement radio-télégraphique* (13 janvier 1913).

453 090. — **Société industrielle des Téléphones.** — *Compteur automatique de conversations téléphoniques* (13 janvier 1913).

453 116. — **Williams.** — *Méthode d'énumération d'appels téléphoniques et moyens pour cette énumération* (12 décembre 1912).

453 157. — **Société Automatic Electric Co.** — *Système téléphonique semi-automatique* (6 janvier 1913).

453 162. — **Block.** — *Support pour appareils téléphoniques et appareils semblables, combiné avec un dispositif de désinfection* (10 janvier 1913).

453 223. — **Decelle.** — *Dispositif applicable aux appareils télégraphiques à signaux fugitifs pour les transformer en appareils télégraphiques à signaux permanents* (16 janvier 1913).

453 313. — **Beckmann.** — *Appareil pour la transmission de mouvements ou de signaux au moyen de noyaux de fer à enroulement polyphasé* (18 janvier 1913).

453 318. — **Société Automatic Electric Co.** — *Système téléphonique de ligne individuelle* (18 janvier 1913).

17066/446 872. — **Bouvet.** — *Transmetteur téléphonique* (9 janvier 1913).

17075/445 755. — **Farlet.** — *Compteur téléphonique automatique* (11 janvier 1913).

453 259. — **Rushmore.** — *Perfectionnements aux moteurs de démarrage pour machines* (16 janvier 1913).

453 272. — **Heyland.** — *Procédé de réglage pour machines à courants alternatifs polyphasés et monophasés*

453 320. — **Société dite : General Industries Co.** — *Plaque pour batteries d'accumulateurs* (18 janvier 1913).

453 324. — **Martin.** — *Perfectionnement augmentant le rendement des diverses génératrices en courant continu et en courant alternatif* (17 janvier 1913).

16 048/450 791. — **Société alsacienne de Constructions Mécaniques.** — *Génératrice à courant continu dont la tension est pratiquement indépendante de la vitesse* (18 mars 1912).

17 060/445 069. — **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — *Perfectionnements au réglage des générateurs électriques* (7 janvier 1913).

17 065/447 050. — **De Sedneff.** — *Accumulateurs électriques* (8 janvier 1913).

453 114. — **Compagnie générale Radiotélégraphique.** — *Procédé pour la charge en parallèle et la décharge en série des accumulateurs* (27 mars 1912).

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

74581. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME VINGT-DEUXIÈME

1913

Accumulateurs.

Comparaison entre les accumulateurs fer-nickel et les accumulateurs au plomb. P. P. 156.

Courant de court-circuit des accumulateurs Édison. 363.

Alternateurs.

Voy. *Dynamos à courant alternatif.*

Phénomènes électromagnétiques et effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur. P. Noël. 517, 543.

Appareillage.

Avantage des bobinages en aluminium. 46.

Un nouveau système de rhéostat. 50.

Interrupteurs à huile pour fortes puissances et hautes tensions. 95.

Protection des réseaux secondaires contre les courts-circuits des transformateurs. 118.

Résistances pour mesures en courants alternatifs. 119.

Interrupteurs à isolement constant pour courants de faible intensité. 165.

Nouveau limiteur de courant. 198.

Les balais dans les machines électriques. 234.

Mise à la terre des appareils électriques. 259.

Signaux et appareillage pour chemins de fer électriques de mines. 272.

Interrupteur à haute tension de construction européenne. 286.

Contacteur pour courant alternatif. 294.

Le block signal automatique et les ruptures de rail. 298.

Protection des installations électriques par la mise à la terre de l'appareillage. 304.

Explosion d'un interrupteur à huile. 367.

Système de verrouillage des machines d'extraction. 390.

Le parafoudre à aluminium. Montage et mise en service. Marchand. 502.

Appareils de mesure.

Sur un galvanomètre amorti à aimant mobile. Ch. Féry. 18.

Un nouveau type de wattmètre pour mesures sur la haute tension avec insertion sur la basse tension. 118.

Nouveau compteur pour tramways. 148.

Appareils de tableau pour stations centrales. 166.

Utilisation du galvanomètre comme électromètre. 166.

Nouvel électromètre idiostatique, par V. Crémieu. 218.

Électromètre Szilard. 267.

Appareils Carpentier. 268.

Oscillographe Blondel. 268.

Galvanoscilla Boucherot. 283.

Fréquencemètre Weston. 285.

Appareils Ch. Arnoux, Richard Heller, Richard, Rousselle et Tournaire, Da et Dutilh. 286.

Sur un nouveau perméamètre universel. 292.

Construction des wattmètres enregistreurs. 294.

Nitomètre, appareil pour la mesure rapide de la brillance d'une surface lumineuse. 315.

Sur quelques perfectionnements aux instruments de mesure. H. Marchand. 323.

Fréquencemètre enregistreur. 339.

Galvanomètre pour la mesure des faibles courants continus ou alternatifs. 437.

Électromètre de grande sensibilité. 437.

Appareils pour la mesure des courants faibles et de haute fréquence. Béla Gati. 498.

Compteur de vapeur à enregistrement électrique. 510.

Une fraude originale sur les compteurs à gaz à paiement préalable. 514.

Sur un voltmètre statique à lecture directe destiné à la mesure de très faibles courants, par Szilard. 554.

Sur un oscillographe électrostatique, 571.

Appareils divers.

Description d'un appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires, par G. Bigourdan. 117.

Procédés d'amplification des effets des courants faibles. 166.

Compensateur de déphasage. 167.

Les récentes applications de l'électricité sur les chemins de fer du Nord. 169.

Relais extra-sensible pour la T. S. F., par A. Turpain. 245.

Les moulins à vent pour la production de l'énergie électrique. 250.

Amplificateur pour la radiotélégraphie. Henry. 282.

Nouveau dispositif pour sonnerie d'alarme. 345.

Sur un régulateur de température. E. Esclangon. 360.

Sur l'emploi des freins électromagnétiques sur rails en Autriche. 406, 438.

Les électros de levage. M. A. 467.

Appareil pour la respiration artificielle à l'usage des électrocutés. 479.

Système d'arrêt des trains à distance utilisant une dynamo d'éclairage. A. Soulier. 524.

Nouveau montage pour sonneries. 558.

Applications mécaniques de l'énergie électrique.

La commande des machines au moyen de rubans d'acier. 51, 526.

Les poulies-pompes électriques. 67.

Moteurs électriques réversibles pour les raboteuses et machines-outils similaires. 121.

Étude économique de machines d'extraction électrique. 125.

L'économie des machines des mines de charbon. 143.

La commande électrique des machines à coudre. 144.

Commande des machines d'extraction par moteurs triphasés à collecteur. 144, 168.

De l'extraction à grande profondeur. 245.

Choix de la force motrice dans les industries textiles. 246.

Laminoirs électriques à plaques de blindage de Witkowitz. 365.

Laminoirs à commande électrique en Angleterre. 388.

Commande par contacteurs de treuils à courant triphasé. 388.

Pont roulant électrique avec groupe convertisseur Léonard. 412.

Pompe centrifuge d'exhaure de grande puissance. 412.

La commande électrique des cisailles à tôle. 412.

Aperçu sur la commande électrique des trains de laminoir. Lafont et Barbillion. 419, 447, 470.

Freinage à distance des trains. 441.

Les électros de levage. 467.

Équipement électrique du train de laminoir réversible de l'Algoma Steel Cº. 510.

Arc électrique.

Extraction de l'azote de l'air au moyen de l'arc électrique. 53.
Sur l'extinction de l'arc dans les parafoudres à cornes. 319.
Étude oscillographique de l'arc chantant. 340.
Sur les oscillations à grande fréquence dans les arcs électriques très courts. A. Léauté. 386.
Curieux phénomène d'ionisation. 394, 442.

Automobiles.

Voy. *Locomotion.*

Bibliographie.

Voy. *Supplément.*

Brevets d'invention.

24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 200, 224, 248, 296, 342, 366, 390, 414, 438, 462, 486, 512, 536, 5 0, 578.
Les brevets relatifs à l'électricité en Allemagne. 298.

Chemins de fer électriques.

Voy. *Locomotion.*

Chauffage électrique.

Voy. *Electrothermie.*

Chronique de l'électricité.

DÉPARTEMENTS

Agen. 148, 370.
Alençon. 276.
Amiens. 322, 346.
Ancenis. 76.
Arpajon. 76.
Auch. 228.
Auvillar. 5?.
Auxerre 228.
Auzon. 52.
Ay. 276
Baisieux. 276, 370.
Beaucaire. 52.
Beaumont. 492.
Belmont. 148.
Bertrichamps. 539.
Bourdeilles. 228.
Bourg. 228.
Bourg-de-Péage. 370.
Bouvines. 100.
Braux. 4.
Brioude 52, 492.
Bruère-Allichamps. 172.
Cahors. 228.
Catus. 346.
Cette. 322.
Chalamont. 228.
Châlons-sur-Marne. 52.
Chamberet. 346.
Charité (La). 370.
Charlieu. 322.
Charolles. 228.
Châtenay. 124.
Chéragas. 370.
Coaraze. 276, 370.
Constantine. 100, 124.
Coulmier-le-Sec. 370.
Coulommiers. 370.
Courville. 370.
Couterne. 370.
Crest. 540.
Decazeville. 346.
Deuil. 370.
Douelle. 148.
Dreux. 370.
Entrain-sur Nohain. 492.
Fécamp. 228.
Férou. 540.
Feugerolles. 100, 418.
Flers 346.
Foix. 228.
Gabarret. 540.
Givonne. 52
Guyotville 370.
Issoudun. 418.
Issy-les-Moulineaux. 228.
Jussac. 540.
La Bastide-Murat, 276, 370
La Capelle. 370.
Lalleyrat 346.
Lambezellec. 540.
Launoy. 172.
Lent. 124.
Le Poizat. 492.
Lezan. 394.
Lille. 370.
Loisy-sur-Marne. 124
Loos. 172.
Lure. 124.
Lux. 124,
Lyon. 172.
Mallemort. 124.
Marlieux. 124, 228
Marseillan. 418.
Mattou. 418.
Messincourt. 346.
Moulins. 172.
Mouthier. 322.
Nangis. 540.
Nantiat. 124.
Ners 394.
Nevers. 322.
Nice. 276.
Orléans. 492.
Oued-el-Alleug. 394.
Pau. 346.
Pélissanne. 124, 346.
Pézénas. 4.
Pierre. 540.
Poizat. 124.
Pont-d'Ain. 540.
Pont-de-Salars. 276.
Pont-Scorff. 394.
Pont-sur-Sambre. 276, 394.
Pontivy. 148.
Privas 394.
Pusignan. 172.
Recquignies. 346.
Redon. 394.
Rioupéroux. 52.
Sabres. 52.
Saintes. 124.
Salieu. 124.
Samognet. 394.
Sauvignes. 124.
Sézanne. 492.
Sfax. 4.
Solignac-sur-Loire. 492.
Saint-André-de-Corcy 100.
Saint-Anthème. 346.
Saint-Bon. 172.
Saint-Denis. 228.
Saint-Florent. 52.
Saint-Genou. 52.
Saint-Illide. 100.
Saint-Jean-de-Luz. 4.
Saint-Jean-de-Maurienne. 540.
Saint-Laurent-de-Chamousset. 276, 394.
Saint-Nicolas. 394.
Saint-Pierre-d'Oléron. 418.
Saint-Romain-le-Puy. 52.
Saint-Sornin-Leulac. 322.
Tauxières-Mutry, 100.
Toulouse. 52.
Uzès 124, 346.
Vitry-aux-Loges. 124.
Vitry-le-François. 276.
Willems. 4.

ÉTRANGER

L'électricité en Amérique en 1912. 295.
L'éclairage de la ville de Dresde. 416.
Les installations électriques au Pérou. 416.
Les installations hydraulico-électriques en Italie. 465.
L'industrie électrique en Italie. 466.
La houille blanche dans l'État de New-York. 539.

Chronique industrielle et financière.

Voy. *Supplément.*

Condensateurs.

Condensateur pour téléphone. 295.
Téléphone condensateur. 342.

Conducteurs et câbles.

Essais des câbles à haute tension. 73.
Pose des câbles sous marins. 147.
Mesures sur des câbles à haute tension. 165.
Les câbles sous-marins dans la guerre italo-turque et dans celle des Balkans. 171.
Câbles souterrains à haute tension. 201.
Les inconvénients de la pose des conducteurs seuls dans les tuyaux dans le cas de courant alternatif. 202, 275.
Câbles à haute tension. 276.
Sur la conductibilité électrique du tellure, par Mlle P. Collet. 289.
Sur les précautions à prendre pour l'emploi de la résonance dans les essais de câbles électriques à haute tension. 358.
Conductibilité électrique de quelques liquides purs : ammoniaque, acétone, alcools, etc., par M. J. Carvalho. 362.
Câbles pour puits de mines. 365.
Sur l'intégration de l'équation donnant la distribution de la densité du courant alternatif dans les conducteurs cylindriques, par R. Swyngedauw. 482.
Feu souterrain et câbles. 538.
Sur la conductibilité des gaz et des vapeurs, par M. Parodi, 575.

Correspondance.

A propos de la traction par l'air comprimé. S. 100, 124.
Sur un phénomène d'ionisation. E. Martin. 442.

Cours. — Concours. — Conférences. Congrès. — Prix décernés.

Concours :

Concours pour une lampe électrique de mineur. 125.
Concours international pour la protection des ouvriers. 171.

Congrès :

Congrès électrotechnique international de San-Francisco. 465.
Le 18e Congrès international des chemins de fer et tramways. 561.

Prix décernés :

Prix La Caze, prix Wilde, prix Hébert, prix Hughes, prix Bonaparte. 70.
Société d'encouragement grande médaille d'or, M. Janet. 75.
Prix de la Société des ingénieurs civils, M. Boucherot. 546.

Courants alternatifs.

Le calcul des machines à courant alternatif, par M. Boucherot. 9, 28, 85, 128, 151, 210, 250, 299, 371.
Sur des phénomènes de pseudo-résonance électrique, par G. Claude. 17.
Une nouvelle méthode d'analyse des courbes périodiques. F. L. 108.
Quelques remarques sur les alternateurs à fréquence élevée. R Daguet. 125.
Les inconvénients de la pose des conducteurs seuls dans des tuyaux dans le cas de courant alternatif. 202, 275.
Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant en générateurs ou en récepteurs sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions, par A. Blondel. 219.
Sur la manière dont se comportent les filaments étirés de tungstène avec le courant alternatif. 225.
Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant en parallèle sur un réseau àp otentiel constant, par A. Blondel. 242.
Sur l'influence d'un tronçon commun dans des circuits alimentés par des tensions déphasées l'une par rapport à l'autre. L. Barbillion. 251.
Les oscillations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filaments métalliques sur courants alternatifs. 296.
Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus, par C. Tissot. 353.
Signaux télégraphiques par courants alternatifs. 340.
Comparaison entre les installations à courant alternatif avec point neutre isolé ou mis à la terre. 456.
Surtensions. 441.
Effet sonore déterminé au contact d'une pointe et d'un cristal par le passage d'un courant alternatif. R. Dongier et E. Brazier. 506.
Calcul des bobines de self sans fer. 576.

Distributions.

Les dangers de l'huile dans les centrales modernes. 25.
L'électricité appliquée à l'agriculture. Gébelin. 34.
Commission des distributions d'énergie électrique. 48, 122.
Calcul de la perte par effet « corona » dans les canalisations à haute tension. 61, 277.
La fourniture de la force motrice à la petite industrie par le gaz ou l'électricité. 96.
Les installations électriques en Norwège. 100.
Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. Marchand. 101, 132, 155.
Comité permanent d'électricité. 122.
A propos des abonnements à forfait. 146.
Mise à la terre des appareils électriques. 239.
Etude sur l'influence d'un tronçon commun dans deux circuits alimentés par des tensions déphasées l'une par rapport à l'autre. L. Barbillion. 250.
Perte d'énergie par luminescence sur les lignes à très haute tension. A.-R. Garnier. 277.
La distribution de l'énergie électrique dans Paris. 280, 395.
Sous-stations des réseaux à très haute tension. 293.
Observations pratiques sur la protection des installations électriques par la mise à la terre. 304.
Choix de la tension pour l'éclairage des communes rurales. 345, 442.
Le facteur de puissance des grands réseaux aériens. 368.
Les installations électriques à courant intense en Allemagne et leur sécurité. 392.
Emploi de l'aluminium comme conducteur d'énergie. 417.
Comparaison entre les installations à courant alternatif avec point neutre isolé ou mis à la terre. 436.
Le parafoudre à aluminium. H. Marchand. 445, 502.
Facteur de puissance des moteurs triphasés avec phases non équilibrées. 460.
Décret concernant la sécurité des installations électriques. 506.
Les distributions d'électricité à tension supérieure à 100000 volts aux États-Unis. 515.
Tamponnage hydraulique. 516.
Phénomènes électromagnétiques et effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur. P. Noel. 517, 545.
L'alimentation en énergie électrique de l'État de New-York. 535.
Nouveau système de tarification tenant compte du facteur de puissance. 537.
Branchement direct de consommateurs isolés sur les lignes de distribution. H. M. 541.
Les surtensions dans les installations électriques. 575.

Divers.

La foudre globulaire. 26.
Le 20e anniversaire de l'Association amicale des ingénieurs-électriciens. 49.
La fabrication des briquettes depuis dix ans. 100.
Emploi du tantale au lieu du platine. 146.
Les diplômes délivrés par les écoles supérieures techniques allemandes. 202.
Statistique des accidents dus au pétrole, au gaz et à l'électricité en Allemagne en 1912. 226.
Utilisation de la puissance hydraulique dans divers pays. 275.
L'électricité en Amérique pendant l'année 1912. 295.
Aperçu historique des connaissances électriques. Ch. Marsollier. 355.
Sur la combustion superficielle sans flamme. 363.
Explosion d'un interrupteur à huile. 367.
L'électricité et la mise en culture des tourbières. 395.
Déshydratation et purification des huiles. 405.
Sur l'obtention aisée des températures atteignant — 211° par l'emploi de l'azote liquide. G. Claude. 435.
Sur l'emploi des courroies d'acier. 51, 526.
Feu souterrain et câbles. 538.
Procédés de soudure et de brasure et leur application particulière aux tôles. 553.
Un coup de foudre d'une puissance extraordinaire. 562.

Documents officiels.

Commission des distributions d'énergie électrique. 48.
Comité permanent d'électricité. 122.
Décret concernant la sécurité des installations électriques. 507.

Distinctions honorifiques. — *Ordre national de la Légion d'honneur.* 52, 370.

Dynamos.

Courants alternatifs :

Le calcul des machines à courant alternatif, par M. P. Boucherot. 9, 28, 85, 128, 151, 210, 250, 299, 371.
Turbo-dynamos de 22000 kilowatts. 73.
Quelques remarques sur les alternateurs à fréquence élevée. R. Daguet. 125.
Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant en générateurs ou en récepteurs sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions, par A. Blondel. 219.
Explosion d'une turbo-dynamo. 227.
Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant en parallèle sur un réseau à potentiel constant, par A. Blondel. 242.
Emploi du fer electrolytique dans la construction des machines électriques. 321.
L'élévation de température des pièces de machines. 322.
Alternateur triphasé à 16000 volts. 364.
Sur l'emploi des turbines à vapeur d'échappement accouplées à des alternateurs synchrones et asynchrones. 396.
Phénomènes électromagnétiques et effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur. P. Noel. 517, 545.

Courant continu :

Sur la rotation du flux d'un induit à collecteur. P. Girault. 27.
Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux dans les machines à courant continu, par Swyngedauv. 42.
Discussion sur la commutation. 44.
Dynamos d'éclairage pour automobiles. A. Soulier. 77.
Nouvelle méthode pour la détermination de la perte à vide dans les dynamos. 96.
Prédétermination des caractéristiques des

dynamos à courant continu, par J. Brunswick. 140.
Les balais dans les machines électriques. 234.
Une nouvelle catégorie de dynamos, machines à excitation interne de M. Picou. 249, 530.
Dynamo d'éclairage des trains appliquée à l'arrêt à distance de ces derniers. A. Soulier. 524.
Les courbes magnétiques des machines à courant continu. 533.

Éclairage électrique.

Voy. *Chronique de l'électricité. — Lampes à arc et à incandescence. — Photométrie.*

La lampe à arc-flamme en Angleterre. 14.
État actuel de l'éclairage électrique des voitures automobiles. A. Soulier. 77.
Éclairage des parties mobiles des machines-outils. 146.
L'éclairage au pétrole et à l'électricité. 147.
L'éclairage des rues de Chicago. 222.
Sur l'absorption du néon par les électrodes des tubes luminescents. G. Claude. 331.
Choix de la tension pour l'éclairage des communes rurales. 345. 442.
L'éclairage de la ville de Dresde. 416.
Éclairage électrique et éclairage au pétrole. 441.
Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon. G. Claude. 485.
L'éclairage des trains, gaz ou électricité? 491.
Sur un nouveau dispositif de lampe à mercure immergée à lumière pratiquement froide, par Billon-Daguerre. 556.

Électrobiologie.

Les accidents dus à l'électricité en Angleterre en 1911. 3.
Mort due à l'électricité sans blessure apparente. 171.
Accident dû à la haute tension. 226.
Maladie professionnelle des radiotélégraphistes. 226.
Statistique des accidents dus au pétrole, au gaz et à l'électricité en Allemagne en 1912. 226.
Précautions contre les accidents. 363.
Les accidents dus à l'électricité. 369.
Accidents typiques dus à l'électricité. 432.
Secours à donner aux électrocutés, appareil pour la respiration artificielle. 479
Statistique des accidents dus à l'électricité en Autriche en 1912. 515.
Statistique des accidents dus à l'électricité dans la Haute-Silésie en 1912. 516.
Statistique des accidents dus à l'électricité en Angleterre en 1912. 516.

Électroculture.

L'électricité appliquée à l'agriculture. Gérelin. 34, 186.

Électrochimie.

L'industrie électro-chimique en Norwège. 143.
Quelques notes sur la fixation de l'azote atmosphérique. A. Garnier. 356.
Production de l'aluminium. 391.
Nouvelle fabrication d'engrais azotés en Norwège. 466.
État actuel de l'électrochimie. 563.

Électrolyse.

Extraction électrolytique du zinc. 46.
L'électrolyse du béton armé. 75.
Emploi du tantale au lieu du platine. 146.
Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante, par M. Grumbach. 220.
Emploi du fer électrolytique dans la construction des machines électriques. 321.
Séparation de l'huile par électrolyse. 364.
Le parafoudre électrolytique à aluminium. Montage, mise en service. 443, 502.
Dosage électrolytique du plomb. 509.
Sur l'électrolyse du plomb et du fer dans le sol. M. Girousse. 529.

Électrothermie.

Le four à induction dans la pratique. 22.
La désulfuration au four électrique. 47.
Extraction de l'azote de l'air au moyen de l'arc électrique. 53.
Nouvelle usine anglaise pour la fabrication de l'acier. 70.
Applications industrielles du chauffage par incandescence. 100
La production de l'acier fondu au four électrique en France. 124.
Cuisine et chauffage électriques. 143.
Les avantages de la cuisson électrique. 147.
La production de la fonte dans les haut-fourneaux électriques. 198.
La bauxite et le four électrique, par G. Flusin. 292.
Cuisine électrique. 298, 464.
L'acier électrique. 320.
Les fours électriques en Angleterre. 338.
Les pertes de chaleur dans les fours électriques. 338.
Quelques notes sur la fixation de l'azote atmosphérique. A. Garnier. 356.
Soudure électrique par résistance. 364.
Expériences avec les fours à électrodes. 383.
Influence du courant sur une flamme. 440.
Avantages de la cuisine électrique. 441.
Les fours électriques à acier dans le monde. 465, 509.
La production artificielle du diamant. 491.
Le traitement des minerais de cuivre au four électrique. 509.
Cuisine électrique. 539.
Influence de divers métaux sur les propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone. 555.
La fabrication des dérivés du baryum au four électrique. 558.
Le traitement des minerais de cuivre au four électrique. 558.
État actuel de l'électrométallurgie. 563.

Expositions.

L'Exposition de Gand. 192.
Exposition annuelle de la Société de Physique. 266, 283.
Exposition internationale de Lyon en 1914. 343.
Une exposition d'électricité à Barcelone. 465.
L'Exposition d'électricité de Bâle. F. Loppé. 552.

Gaz.

Voy. *Moteurs thermiques.*
Comparaison entre la cuisine électrique et la cuisine au gaz. 464.
Une fraude originale sur les compteurs à gaz à paiement préalable. 514.

Isolants. — Isolateurs. — Isolement.

Essais exécutés au laboratoire central ayant pour but l'identification des toiles isolantes, par H. Bureau. 244.
Essais électriques des isolants. 263.
Sur la résistance d'isolement des induits de moteurs à courant continu. 309.
Isolateurs pour lignes à haute tension. 343.

Jurisprudence.

Un concessionnaire qui déclare abandonner sa concession avant d'avoir commencé l'exécution doit-il la clause pénale prévue pour le cas de retard? P. Bougault. 19.
Deux nouveaux arrêtés sur l'indemnité de retard appliquée au concessionnaire qui abandonne sa concession. P. Bougault. 335.

Lampes à arc.

La lampe à arc flamme en Angleterre. 14.
Nouveaux types de lampes à arc à magnétite. H. Marchand. 88.
Lampes à arc et à incandescence. 226.
Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure, par A. Tian. 290.
Éclairage public par lampes en quartz. 364.
Nouveau progrès des lampes à arc. 539.
Sur un nouveau dispositif de lampe à mercure immergée à lumière pratiquement froide, par Billon-Daguerre. 556.

Lampes à incandescence.

La répartition des lampes à incandescence aux États-Unis. 143.
Emploi d'une lampe à incandescence comme récepteur téléphonique. 204.
Sur la manière dont se comportent les filaments de tungstène étiré avec le courant alternatif. 225.
Les oscillations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament métallique sur un courant alternatif. 296.
Lampe à incandescence ayant une lumière analogue à celle du jour. 297.
Sur l'absorption du néon par les électrodes des tubes luminescents. G. Claude. 331.
De la tension la plus avantageuse pour les lampes dans les installations agricoles desservies par les centrales. 345. 442.
Nouvelles lampes à incandescence de 0.5 watt par bougie. 463, 521.
Quelques particularités des tubes luminescents au néon. G. Claude. 331, 485.
Influence d'une enveloppe en verre sur la durée des lampes à incandescence à filament métallique. 514.
Lampe à incandescence parlante. 533.
Procédé de régénération des lampes à incandescence. 558.

Législation.

La loi américaine sur les trusts et les sociétés de téléphone. 418.

Lignes de transmission.

Calcul de la perte par effet « corona » dans les canalisations à haute tension. 61.
Perte d'énergie par luminescence sur les lignes à très haute tension. A.-R. Garnier. 277
Fil de protection contre la foudre des lignes aériennes. 322
Isolateurs pour lignes à haute tension. 343.
Le facteur de puissance des grands réseaux aériens. 368.
Emploi de l'aluminium comme conducteur d'énergie. 417.
Surtensions. 441.
Règles normales allemandes pour les lignes aériennes. F. L. 475.
Observations sur les réseaux aériens à haute tension. 533.
Imprégnation sur place de poteaux en bois. 538.

Locomotion.

Chemins de fer électriques.

L'électrification de la banlieue de l'Ouest-État. 2.
La traction par courants alternatifs simples avec moteurs Winter-Eichberg. 47.
Nouvelles voitures automotrices des chemins de fer suédois. 51.
Les chemins de fer à courant continu haute tension. 51.
Augmentation de la résistance à la traction dans le tunnel du Simplon. 74.
Alimentation des chemins de fer électriques de la Haute Silésie. 76.
Sur la traction monophasée, par M. Latour. 94, 141.
Le chemin de fer électrique de Pampelune à Sanguesa. 99.
L'électrification des lignes de chemin de fer urbaines et suburbaines de Berlin. 111.
Résultats d'exploitation du chemin de fer à courant alternatif de Parme. 145.
La traction électrique par courant alternatif simple sur les chemins de fer du Midi. 173, 220.
Traction électrique par courant continu haute tension, par M. Gratzmuller. 196.
Locomotives d'atelier à accumulateurs. 199.
Conditions d'exploitation économique des chemins de fer électriques. 200.
Les chemins de fer électriques en Italie. 201.
La traction par courant continu à 1200 volts. Bayette. 205.
La traction électrique aux États-Unis, par M. Parodi. 221.
Les chemins de fer électriques des banlieues de New-York et de Boston. 223.
L'électrification des chemins de fer allemands. 228.
Signaux et appareillage pour chemins de fer électriques de mines. 272.
Statistique des chemins de fer électriques hollandais. 274.
Perturbations des lignes téléphoniques occasionnées par les chemins de fer à courant alternatif. 295.
Chemins de fer électriques à courant monophasé à haute tension et faible fréquence. 295.
Les ruptures de rails sur les chemins de fer américains et le block automatique. 298.
Électrification des chemins de fer de la banlieue de Melbourne. 368.
Locomotive de 1100 kw à courant alternatif simple système Déri. 382.
L'électrification des chemins de fer par courant continu à 2400 volts. Hobart. 398.
Sur l'emploi des freins électro-magnétiques sur rails en Autriche. 406, 438.
Les récentes locomotives électriques des chemins de fer français. 425.
Statistique des chemins de fer électriques en Autriche, Bosnie, Herzégovine. 440.
Chemin de fer à courant alternatif simple de Pamplona à Aoiz. 486.
Avantages de l'emploi du courant continu pour la traction électrique. 489.
Sur quelques particularités du chemin de fer de Rjukan. H. Marchand. 493.
Système d'arrêt des trains à distance utilisant une dynamo d'éclairage. A. Soulier. 524.
Locomotives à courant continu 2400 v. 527.
Notes sur les résultats d'exploitation du chemin de fer du Simplon. 547.
Nouveau système de traction électrique. Démarrage sans résistance et récupération système S. T. A. R. 574.
Chemin de fer électrique Monza-Lecco. 577.

Tramways électriques.

Résultats d'expériences sur l'emploi des moteurs avec pôles auxiliaires sur les tramways. 3.
Vérification de joints des rails au téléphone. 49.
Ateliers de réparation d'une entreprise de traction électrique. 55.
L'électrification du tramway Butte Anaconda en courant continu 2400 volts. 144.
Nouveau compteur pour tramways. 148.
Les tramways et les chemins de fer électriques en Allemagne en 1911. 345.
Installation téléphonique pour tramways. 562.
L'économie dans les dépenses d'énergie pour les services de traction. 569.

Navigation électrique :

Commande électrique de navires. 411.

Électromobiles :

Automotrices thermo-électriques. 47.
Les électromobiles de Berlin. 171.
L'automobilisme électrique aux États-Unis. H. Marchand. 216.
Nouvelles voitures benzo-électriques. 365.
L'automobilisme électrique aux États-Unis. 415.

Magnétisme.

Sur la détermination exacte du coefficient de Steinmetz. 70.
Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val Joyeux au 1er janvier 1913, par A. Angot. 117.
Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu, par Brunswick. 140.
Action magnétique des corps animés d'un mouvement de rotation. 338.
Influence de la température sur les pertes par hystérésis. 338.
Relations entre la perméabilité et l'effet Joule (allongement du fer dans un champ magnétique). 339.
Simplification pratique de la méthode balistique pour les mesures magnétiques. 390.
Sur une méthode de zéro pour les mesures magnétiques. 390.
Sur les champs magnétiques obtenus avec un électro-aimant muni de pièces polaires en ferro-cobalt, par P. Weiss. 408.
Sur le magnétisme général du soleil, par Birkeland. 410.
Sur la conservation et l'origine du magnétisme terrestre, par Birkeland. 434.
Mesure de l'intensité d'un champ magnétique. 437.
Étude du magnétisme terrestre dans le Sahara. 441.
Les courbes magnétiques des machines à courant continu. 533.
Calcul des électro-aimants à courant continu. 534.
Sur l'aimantation de l'oxyde azotique, par P. Weiss. 572.
Sur l'origine du magnétisme terrestre, par A. Korn. 573.

Méthodes de mesure.

Mesure électrique de la vitesse du vent. 47, 390.
Sur la détermination des valeurs momentanées des flux périodiquement variables. 47.
Vérification des joints de rails au téléphone. 49.
Mesure des courants vagabonds dans les conduites. 70.
Les vibrations des machines électriques. 72.
Appareil électrique mesureur du temps pour la comparaison de deux phénomènes périodiques, par M. Lippmann. 91.
Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide dans les dynamos. 96.
Une nouvelle méthode d'analyse des courbes périodiques, F. L. 108.
Sur un procédé de mesure des grandes résistances applicable à la mesure de la résistance de bulles dans un liquide, par P. Vaillant. 162.
Mesures sur des câbles à haute tension. 165.
Utilisation du galvanomètre comme électromètre. 166.
Méthode directe pour la détermination de la résistance de rayonnement d'un poste émetteur. 199.
Comparaison de la self-induction de deux bobines. 223.
Essais électriques des isolants. 263.
Détermination de l'augmentation de température au moyen de mesures de résistances. 275.
Mesures d'énergie en courants triphasés. 316.
Fréquencemètre enregistreur. 339.
Sur les précautions à prendre pour l'emploi de la résonance dans les essais de câbles à haute tension. A. Léauté. 358.
Nouvelle étude de l'effet Volta à l'aide de la radioactivité induite. Ed. Sarrazin. 387.
Détermination de la vitesse du vent par des mesures électriques. 47, 390.
Méthode de vérification des réflecteurs optiques, par M. Rey. 459.

Facteur de puissance des moteurs triphasés avec phases non équilibrées. 460.
Mesure de l'intensité des courants faibles et de haute fréquence. BÉLA GATI. 498.
Nouveau système de tarification tenant compte du facteur de puissance. 537.

Moteurs électriques.

Courant alternatif.

Étude du freinage utile dans les moteurs à courant monophasé à caractéristique série. 23.
Influence du courant de démarrage de gros moteurs sur une installation de transport d'énergie. 23.
Les vibrations des machines électriques. 72.
Commande des machines d'extraction par moteurs triphasés à collecteur. 144, 158.
Les moteurs synchrones à démarrage sous charge et à accrochage automatique. A. SOULIER. 229.
L'élévation de température des pièces de machines. 322.
Moteurs asynchrones à plusieurs vitesses. P. N. 326.
Moteur synchrone à champ tournant sans excitation continue. 340.
Étude sur l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage des moteurs d'induction. SAINT-GERMAIN. 347.
Principe d'un moteur électrostatique, par M. E. BLOCH. 361.
Utilisation de machines asynchrones. 412.
Compensation du déphasage des moteurs d'induction. 413.
Moteur à courant alternatif simple à collecteur à nombre de pôles variables. 413.
Aperçu sur la commande électrique des trains de laminoir. A. LAFONT et BARBILLION. 419, 447, 470.
Démarrage des moteurs à répulsion. 484.
Moteurs triphasés synchrones de grande puissance. 559.
Moteur à courant alternatif pour ascenseurs. 559.
Moteur à induction à plusieurs vitesses. 576.

Courant continu :

Mise en marche de moteurs à courant continu sans résistance de démarrage. 23.
Sur la rotation du flux d'un induit à collecteur. P. GIRAULT. 27.
Ateliers de réparations de moteurs d'une entreprise de tramways. 55.
Moteurs électriques réversibles pour les raboteuses et machines-outils similaires. 121.
Les balais dans les machines électriques. 234.
Sur la résistance d'isolement des induits de moteurs à courant continu. G. DUFCY. 309.
Étude sur l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage. SAINT-GERMAIN. 347.
Comparaison entre le moteur à courant continu à excitation shunt et le moteur d'induction. 413.
Aperçu sur la commande électrique des trains de laminoir. A. LAFONT et L. BARBILLION. 419, 447, 470.
Commandes par contacteurs pour les moteurs à démarrage automatique. 511.
Les moteurs à gaz et les électromoteurs à Berlin. 516.

Moteurs thermiques.

Voy. *Turbines.*

Le moteur à huile Junkers. 24.
Le graissage au graphite. 71.
Moteur à gaz pour poussier de charbon. 71.
Les moteurs à gaz dans les stations centrales électriques. 75.
Classification des combustibles pour moteurs Diesel. 199.
Machines soufflantes à turbines pour hauts-fourneaux. 222.
Essais d'un turbo-compresseur. 247.
Pompes centrifuges à air pour condenseurs. 272.
Utilisation des gaz des hauts-fourneaux. 388.
Sur le développement de la turbine à gaz. 437.
Essais sur un moteur à explosion. 462.
Utilisation des combustibles inférieurs. 462.
Compteur de vapeur à enregistrement électrique. 510.
Les moteurs à gaz et les électromoteurs à Berlin. 516.
Brûleur Wefer pour le gaz de four à coke ou de haut-fourneau. 534.
Grille à barreaux refroidis par circulation d'eau. 534.
Moteurs Diesel de grande puissance. 559.

Nécrologie.

M. CAILLETET. 52.
R. DIESEL. 492.
W. H. PREECE. 540.

Parafoudres.

Sur l'extinction de l'arc dans les parafoudres à cornes. 319.
Fil de protection contre la foudre pour les lignes aériennes. 322.
Nouvelles expériences sur les limiteurs de tension. A. LÉAUTÉ. 334.
Sur les oscillations à grande fréquence dans les arcs électriques très courts et sur les limiteurs à intervalles multiples. A. LÉAUTÉ. 386.
Le parafoudre à aluminium. H. MARCHAND. 443.
Montage, mise en service et entretien des parafoudres en aluminium. H. M. 502.
Un coup de foudre d'une puissance extraordinaire. 562.

Photométrie.

Un nouvel étalon de lumière. 26.
Étude expérimentale des nouvelles lampes électriques luminescentes, par MM. BROCA, DE LA GORCE, JOUAUST et LAPORTE. 93.
Nitomètre, appareil pour la mesure rapide de la brillance d'une surface lumineuse, par A. BLONDEL. 315.

Piles.

Un nouvel élément au charbon. 466.
Sur les couples à flammes, par G. MOREAU. 557.

Questions théoriques.

Sur des phénomènes de pseudo-résonance électrique, par G. CLAUDE. 17.
Transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique. 26.
Sur les différences de potentiel de contact apparentes entre un métal et des solutions électrolytiques, par J. GUYOT. 139.
Du rôle des antennes horizontales en radiotélégraphie, par P. JÉGOU. 149, 190.
Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire, par P. JÉGOU. 164.
Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant en parallèle sur réseau à potentiel constant, par A. BLONDEL. 219, 242.
Une nouvelle catégorie de dynamos, machines à excitation interne de M. PICOU. 249.
Sur les mouvements des centres lumineux dans les décharges électriques. A. PÉROT. 359.
Étude de la composition de quelques alliages d'antimoine, par P. LEROUX. 385.
Curieux phénomène d'ionisation. 394, 442.
Conduction électrique dans les champs cylindriques sous la pression atmosphérique, par V. SCHAEFFERS. 433.
Influence du courant sur une flamme. 440.
Sur certaines réactions dépendant des courants de réponse, par F. GIRAUD. 505.
Sur l'effet photo-électrique des composés métalliques, par A. DIMA. 527.

Rayons X. — Rayons ultra-violets.

Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets. 142.
Radiographie cinématographique. 227.
Électrisation par les rayons X, par G. BEDREAG. 409.
Nouvelle lampe à mercure immergée de M. BILLON-DAGUERRE. 556.

Résistances.

Résistances pour mesures en courants alternatifs. 119.
La résistance électrique des alliages de fer. 170.
Résistances en silite. 274.
Détermination de l'augmentation de température au moyen des mesures de résistances. 275.
Sur la conductibilité électrique du tellure. 289.
Sur la variation de résistance du sélénium, par H. GUILLEMINOT. 291.
Étude sur l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage des moteurs à courant continu et d'induction. SAINT-GERMAIN. 347.
Résistance des détecteurs à cristaux, 560.

Sociétés savantes.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 4 novembre 1912 : Les actions opposées du champ magnétique sur la conductibilité électrique des gaz raréfiés en fonction de la valeur du degré de vide, par STASSANO. 17.
Séance du 11 novembre 1912 Sur des phénomènes de pseudo-résonance électrique, par G. CLAUDE. 17.
Séance du 18 novembre 1912 : Sur un galva-

nomètre amorti à aimant mobile, par Ch. Féry. 18.

Séance du 25 novembre 1912 : Sur la réception d'antennes au ras du sol, par F. Rothé. — Sur l'ionisation de l'air par l'arc au mercure sous quartz, par L. Bloch. 42.

Séance du 2 décembre 1912 : Des applications de la diathermie comme ration énergétique d'appoint, par J. Bergonié. 42.

Séance du 9 décembre 1912 : Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la commutation dans les machines dynamos à courant continu, par Swyngedauw. 42.

Séance publique annuelle du 16 décembre 1912 : Prix décernés : Prix La Caze. — Prix Wilde. — Prix Hébert. — Prix Hughes. — Prix Bonaparte. 70.

Seance du 23 décembre 1912 : Appareil électrique mesureur du temps pour la comparaison de deux phénomènes périodiques, par G. Lippmann. 91.

Séance du 30 décembre 1912 : Relation entre la conductivité des acides et leur absorption par la peau, par A. Brochet. 117.

Séance du 6 janvier 1913 : Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1913, par M. Angot. 117.

Séance du 13 janvier 1913 : Description d'un appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires, par G. Bigourdan. 117.

Séance du 20 janvier 1913 : Sur les différences de potentiel de contact entre un métal et des solutions électrolytiques, par M. Guyot. — Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu, par E.-J. Brunswick. 139.

Séance du 27 janvier 1913 : Sur un procédé de mesure de grandes résistances polarisables et son application à la résistance de bulles dans un liquide, par P. Vaillant. — Mesure de l'énergie d'une radiation ultra-violette émise par un arc au mercure, par Marcel Boll. 162.

Séance du 3 février 1913 : Phénomène mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire, par Paul Jegou. 164.

Séance du 10 février 1913 : L'inscription des signaux hertziens de l'heure. Possibilité d'inscrire directement et de déterminer sans calcul, au centième de seconde près, l'heure envoyée par la tour Eiffel, par A. Turpain. 194.

Séance du 10 février 1913 : Nouvel électromètre idiostatique, par M. V. Crémieu. 218.

Séance du 17 février 1913 : Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant en générateurs ou en récepteurs sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions, par André Blondel. — Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante, par M. Grumbach. 219.

Séance du 17 février 1911 : Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes. 240.

Séance du 24 février 1913 : L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse, par A. Turpain. 240.

Séance du 3 mars 1913 : Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant sur réseau à potentiel constant ou en parallèle, par A. Blondel. 242.

Séance du 10 mars 1913 : Relais extra-sensibles pour la T. S. F., par A. Turpain. 243.

Séance du 10 mars 1913 : Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines, par M. Tissot. 270.

Séance du 17 mars 1913. 289.

Séance du 25 mars 1913 : Sur la conductibilité électrique du tellure, par Mlle P. Collet. 289.

Séance du 31 mars 1913. 290.

Séance du 7 avril : Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure, par A. Tian. 290.

Séance du 14 avril 1913 : Sur la variation de résistance du sélénium irradié par les rayons X et les rayons du radium, par Guilleminot. 291.

Séance du 21 avril 1913 : Nitomètre pour la mesure rapide de la brillance d'une surface lumineuse, par A. Blondel. 313.

Séance du 28 avril 1913 : Application des galvanomètres à cadre extra-sensibles aux relevés géodésiques de haute précision, par M. Albert Turpain. — Sur l'absorption du néon par les électrodes des tubes luminescents, par M. Georges Claude. 331.

Séance du 5 mai 1913 : Force électromotrice produite par l'écoulement des solutions d'électrolytes dans les tubes capillaires, par M. Louis Riéty. — Orages magnétiques et phénomènes d'hystérésis, par M. J. Bosler. 332.

Séance du 12 mai 1913 : Simplification des raies spectrales par le champ magnétique, par M. R. Fortrat. — Sur les phénomènes optiques présentés par les rayons de Röntgen rencontrant des milieux cristallins, par MM. de Broglie et Lindemann. 332.

Séance du 19 mai 1913 : Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus, par M. C. Tissot. 334.

Séance du 19 mai 1913 : Sur les précautions à prendre pour l'emploi de la résonance dans les essais de câbles électriques à haute tension, par A. Léauté. 358.

Séance du 26 mai 1913. 359.

Séance du 2 juin 1913 : Sur le mouvement des centres lumineux dans les décharges, par A. Pérot. — Sur un régulateur de température, par E. Esclangon. 359.

Séance du 9 juin 1913 : Principe d'un moteur électrostatique, par E. Bloch. — Conductibilité électrique de quelques liquides purs, par J. Carvallo. 361.

Séance du 9 juin 1913 : Étude magnétique de la constitution de quelques alliages d'antimoine. P. Leroux. 385.

Séance du 16 juin 1913. 386.

Séance du 23 juin 1913 : Sur les oscillations à grande fréquence dans les arcs électriques très courts et sur les limiteurs de tension à intervalles multiples, par A. Léauté. 386.

Séance du 30 juin 1913 : Sur une nouvelle étude de l'effet Volta à l'aide de la radioactivité, par Sarasin et Tommasina. 387.

Séance du 30 juin 1913 : Sur les champs magnétiques obtenus avec un électro-aimant muni de pièces polaires en ferro-cobalt, par Pierre Weiss. — Sur la thermo-électricité des aciers, par W. Broniewski. 408.

Séance du 7 juillet 1913 : Électrisation par les rayons X, par C. Bedreag. — Sur le magnétisme général du Soleil, par M. Birkeland. 409.

Séance du 16 juillet 1913. 433.

Séance du 21 juillet 1913 : La conduction électrique dans les champs cylindriques sous la pression atmosphérique, par M. V. Schaffers. 433.

Séance du 28 juillet 1913 : Sur la conservation et l'origine du magnétisme terrestre, par M. Birkeland. — Sur l'obtention aisée de températures atteignant 212°, par G. Claude. 434.

Séance du 4 août 1913 : Méthode de la vérification des réflecteurs optiques par M. J Rey. 459.

Séance du 11 août 1913 : Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en télégraphie sans fil, par E. Rothé et Guéritot. 459.

Séance du 18 août 1913. 460.

Séance du 25 août 1913 : Sur l'intégration de l'équation donnant la distribution de la densité du courant alternatif dans les conducteurs cylindriques, par M. R. Swyngedauw. 482.

Séance du 1er septembre 1913 : Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon, par Georges Claude. 483.

Séances des 8 et 15 septembre 1913. 484.

Séance des 22 et 25 septembre 1913. 505.

Séance des 6 et 13 octobre 1913 : Sur certaines réactions dépendant de courants de réponse, par F. Giraud. — Effet sonore déterminé au contact d'une pointe métallique et de la surface d'un cristal ou d'un métal par le passage du courant alternatif, par R. Dongier et E. Brazier. 505.

Séance du 13 octobre 1913 : Sur l'effet photo-électrique des composés métalliques, par M. Dima. 527.

Séance du 20 octobre 1913. 529.

Séance du 27 octobre : Réfraction et rotation magnétiques des composés à fonction acétylénique, par Ch. Moureu, Ch. Muller et Varin. — Sur l'électrolyse du plomb et du fer dans le sol, par M. Girousse. 529.

Séance du 3 novembre 1913 : Sur un voltmètre statique à lecture directe destiné à la mesure de très faibles courants, par M. Szilard. — Influence de divers métaux sur les propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone, par S. Dupuy et A. Portevin. 554.

Séance du 10 novembre 1913. 556.

Séance du 17 novembre 1913 : Sur un nouveau dispositif de lampe à mercure immergée et à lumière pratiquement froide, par

MM. BILLON-DAGUERRE, L. MÉDARD et H. FONTAINE. — Sur les couples à flammes, par G. MOREAU. 556.

Séance du 17 novembre 1913 : Sur l'aimantation de l'oxyde azotique et le magnéton, par MM. P. WEISS et A. PICARD. 572.

Séance du 24 novembre 1913. 573.

Séance du 1er décembre 1913 : Sur l'origine du magnétisme terrestre, par M. A. KORN. 573.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

Séance du 8 janvier 1913 : Compte rendu des travaux des sections. — Discussion sur la commutation, par MM. GIRAULT, LATOUR, SWYNGEDAUW, BRUNSWICK, GRATZMULLER, MAUDUIT. 43.

Séance du 12 février 1913 : Compte rendu des travaux des sections, par M. GROSSELIN. — La télégraphie et la téléphonie au Congrès de Versailles, par M. TONCAR. — Travaux du Laboratoire central d'électricité. Étude expérimentale des nouvelles lampes électriques incandescentes, par MM. BROCA, DE LA GORCE, JOUAUST et LAPORTE. — Quelques difficultés de la photométrie des sources luminescentes industrielles. Nécessité d'employer le photomètre le plus simple pour la comparaison des lumières très différentes, par MM. BROCA et LAPORTE. — Sur la traction monophasée, par M. MARIUS LATOUR. 92.

Séance du 5 mars 1913 : Compte rendu des travaux des sections. — Présentation d'un fac-similé du téléphone original de Graham Bell, par M. PLANCHON. — Sur la traction à courant alternatif simple, par M. LATOUR. — Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets, par M. RECKLINGHAUSEN. 140.

Séance du 2 avril 1913 : Communication par téléphonie sans fil entre Rome et Tripoli. — La traction électrique par courant continu à haute tension. — L'inscription des signaux hertziens de l'heure. 197.

Séance du 17 avril 1913 : L'électrification des chemins de fer du Midi. — La traction électrique aux États-Unis. 220.

Séance du 7 mai : Essais des toiles isolantes. — Rayons X; applications médicales. — Variation, en fonction de la température, du magnétisme rémanent des aciers aimantés à froid. 245.

Séance du 4 juin 1913 : Sur un nouveau perméamètre. — La bauxite et le four électrique. — Détecteur électrolytique. 292.

Séance du 1er juillet 1913 : Expérience sur les limiteurs de tension. — Enregistrement des signaux de T. S. F. 534.

Séance du 6 novembre 1913 : Machine dynamo à excitation interne, par R.-V. PICOU. — La téléphonie sous-marine, par M. DEVAUX-CHARBONNEL. 530.

Séance du 3 décembre 1913 : Nouveau système de traction électrique. — Démarrage sans résistance et récupération système S. T. A. R. par M. LEGOUEZ. — Sur la conductibilité des gaz et des vapeurs émis par les locomotives à vapeur, par M. PARODI. 575.

SOCIÉTÉS TECHNIQUES FRANÇAISES.

Le 20e anniversaire de l'Association amicale des ingénieurs-électriciens. 49.

Réunion à Paris de l'Institution of Electrical Engineers et de la Société des électriciens. 288.

SOCIÉTÉS TECHNIQUES ÉTRANGÈRES.

La 21e Assemblée générale de la Société électrotechnique allemande. 226.

Le 50e anniversaire de la fondation de la Société électrotechnique de Vienne. 250.

Stations centrales.

L'usine hydraulico-électrique de Rjukan (Norvège). 5.

Les dangers de l'huile dans les centrales modernes. 25.

Unification des couleurs utilisées pour distinguer les tuyauteries dans les usines. 50.

Les moteurs à gaz dans les stations électriques. 75.

Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. MARCHAND. 101, 152.

Les usines centrales de Vienne. 123.

Les stations centrales municipales en Allemagne. 146.

A propos des abonnements à forfait. 146.

Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. H. MARCHAND. 153.

Statistique des stations centrales hollandaises en 1911. 202.

Statistique des usines électriques suédoises à la fin de 1910. 204.

Les moulins à vent pour la production de l'énergie électrique. 250.

Utilisation de la puissance hydraulique dans les divers pays. 273.

La distribution de l'énergie électrique dans Paris. 280, 395.

Sous-stations des réseaux à très haute tension. 293.

Observations pratiques sur la protection des installations électriques par la mise à la terre. 304.

Règles générales pour la construction des grandes centrales à vapeur. 312.

Les usines hydraulico-électriques au Japon. 345.

Les installations hydraulico-électriques en Sardaigne, dans l'Italie et dans la Calabre. 345, 465.

Explosion d'un interrupteur à huile. 367.

Une usine hydraulico-électrique de 200 000 kilowatts. 368.

Le facteur de puissance des grands réseaux aériens. 368.

Dépenses des usines à gaz et des centrales électriques. 414.

Causes d'incendie des stations centrales électriques. 416.

Les installations électriques au Pérou. 416.

Emploi de l'aluminium comme conducteur d'énergie. 417.

Comparaison entre les installations à courant alternatif avec point neutre isolé ou mis à la terre. 436.

Distribution de gaz pour la production de l'énergie. 436.

Les centrales électriques et la fabrication de la glace. 511.

Les distributions d'énergie électrique à tension supérieure à 100 000 volts aux États-Unis. 513.

L'alimentation en énergie électrique de l'État de New-York. 535.

Utilisation de la chaleur perdue dans les usines à gaz. 536.

Branchement direct des consommateurs isolés sur les lignes de distribution à tension moyenne. HENRY. 541.

L'usine hydraulico-électrique de la Listertalsperre. 559.

Télégraphie.

Le railophone. 76.

Système Gacogne pour télégraphie sur lignes à haute tension. 266.

Les télégraphes et les téléphones en Suisse en 1912. 515.

Signaux télégraphiques par courants alternatifs. 340.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

Opinion de Tesla sur la diminution de portée de la T. S. F. pendant le jour. 26.

Sur la réception avec antennes au ras du sol, par ROTHÉ. 42.

Une revue nouvelle, la T. S. F. 50.

La T. S. F. appliquée à l'aviation. 50.

Emploi du système Poulsen. 51.

Une tour de 500 m pour la T. S. F. 52.

Grande portée de la T. S. F. 74.

Une installation de T. S. F. au Vatican. 74.

Télégraphie sans fil dans l'armée britannique. 74.

Les radio-phares. 75.

Les télégrammes radiotélégraphiques d'intérêt général. 97, 490.

Statistique des installations de T. S. F. 99.

Description de l'appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires, par G. BIGOURDAN. 117.

Réception à Washington d'ondes de la tour Eiffel. 145.

La T. S. F. et les aurores boréales. 146.

Du rôle des antennes horizontales en radiotélégraphie, par JÉGOU. 149, 190.

Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire, par P. JÉGOU. 164.

La T. S. F. sur les chemins de fer du Nord. 169.

Le réseau de T. S. F. anglais. 170.

Application de la loi sur la T. S. F. en Amérique. 171.

Expériences relatives à l'intensité de réception des signaux de télégraphie sans fil à de très grandes hauteurs. 172.

L'inscription des signaux hertziens de l'heure, par A. TURPAIN. 194.

Méthode directe pour la détermination de la résistance de rayonnement d'un poste émetteur. 199.

La T. S. F. dans les chemins de fer. 226.

Maladie professionnelle des radio-télégraphistes. 226.

Influence de la lune sur la T. S. F. 226.

Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes, par G. MESLIN. 240.

L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse, par A. TURPAIN. 240.

Relais extra-sensible pour la T. S. F., par A. TURPAIN. 243.

Du rayonnement des antennes. 247.

Dispositif Magunna à étincelles musicales 266.

Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines, par C. Tissot. 270.
Amplificateur pour la radiotélégraphie. Henry. 284.
Détecteur Jégou. 293.
Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus. C. Tissot. 333.
Application à la T. S. F. d'un micro-galvanomètre à enregistrement continu, par H. Abraham. 335.
Sur l'action amortissante de la terre sur les oscillations de l'antenne. 341.
Stations de T. S. F. au Brésil. 344.
Signalement des icebergs par la T. S. F. 369.
Envoi de l'heure par la T. S. F. 369.
Influence des murailles sur la T. S. F. 370.
Influence des éruptions volcaniques sur la T. S. F. 370.
L'expédition polaire d'Amundsen et la T. S. F. 417.
Résultats du contrôle de l'État sur la T. S. F. en Amérique 441.
Freinage à distance des trains. 441.
La T. S. F. 441.
Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits de T. S. F. par E. Rothé et Guéritot. 459.
La haute fréquence en T. S. F. 464.
Grandes portées de la T. S. F. 466.
T. S. F. dirigée. 485.
Les radiogrammes d'intérêt général. — Réception des signaux horaires de T. S. F. 97, 490, 536.
Mesure des courants faibles et de haute fréquence. Bela Gati. 498.
Effet sonore déterminé par le contact d'une pointe métallique et d'un cristal par le passage d'un courant alternatif. R. Dongier et E. Brazier. 506.
Installation de T. S. F. du paquebot « Imperator ». 516.
Station de T. S. F. d'Arlington. 535.
Règle à calcul pour T. S. F. 535.
La télégraphie sans fil pendant la guerre. 539.
Résistance des détecteurs à cristaux. 560.
Une grande station de T. S. F. 562.
Intensité des signaux radiotélégraphiques suivant l'époque et l'heure. 576.
Calcul des bobines de self sans fer. 576.
Influence de l'atmosphère en T. S. F. 577.
Détermination de la capacité des antennes horizontales à conducteurs rectilignes. 577.

Téléphonie

Nouveaux postes téléphoniques de l'État. 4, 121.
Téléphonie sans fil dans les mines. 22.
Amélioration de la sonorité des appareils téléphoniques. 25.
Vérification des joints de rails au téléphone. 49.
Le railophone. 76.
Contrôle de la marche d'un moteur électrique au moyen d'un téléphone. 99.
La téléphonie sans fil dans les mines. 113.
Appareils téléphoniques. 121.
Emploi d'une lampe à incandescence comme récepteur téléphonique. 204.
Les sociétés de téléphone au Canada. 250.
Lignes téléphoniques de New-York à San-Francisco. 274.
Condensateur pour téléphone. 295.
Perturbations des lignes téléphoniques occasionnées par les chemins de fer à courant alternatif. 295.
Le téléphone instrument de mesures, oscillographe interférentiel, par M. Guyau. 334.
Condensateur téléphone. 342.
Étude des vibrations des membranes de téléphones. 342.
Ligne téléphonique de New-York à San-Francisco. 379.
De l'influence des rayons sur le téléphone. 442.
Un nouveau relais téléphonique. 512.
Les téléphones en Suisse en 1912. 515.
La téléphonie sous-marine. 532.
Le développement des téléphones en Angleterre. 539.
Installation téléphonique pour tramways. 562.

TÉLÉPHONIE SANS FIL.

La communication par téléphonie sans fil entre Rome et Tripoli, par M. Vanni. 196.
Téléphonie sans fil. 594.

Traction électrique.

Voy. *Locomotion*.

Transformateurs.

Transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique. 26.
Protection des réseaux secondaires contre les courts-circuits des transformateurs. 118.
Sur les transformateurs d'intensité. 119.
Transformateurs de périodicité pour fréquences variables. 120.
Transformateur de courant triphasé en courant alternatif simple de fréquence triple. 167.
Compensateur de déphasage. 167.
Prix des pertes dans les transformateurs. 168.
Nouveau transformateur à rapport variable 224.
Commutatrices à pôles auxiliaires. 271.
Installation des transformateurs à l'air libre. 294.
L'élévation de température des pièces des machines. 322.
Déshydratation et purification des huiles. 405.
Transformateur de tension pour essais. 436.
Calcul des transformateurs. 464.
Transformateurs à plusieurs fréquences. 577

Transmission de l'énergie.

Pertes d'énergie par luminescence sur les lignes à haute tension. 61, 277.
Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. H. Marchand. 153.
Transport d'énergie de Trollhättan à Copenhague. 388.
Transport d'énergie de Big-Creek à Los Angeles. 392.

Turbines.

Turbines à vapeur :

L'utilisation des hauts degrés de vide dans les turbines à vapeur. 71.
Turbo-dynamos de 22 000 kilowatts. 73.
L'usure des turbines à vapeur. 98.
Sur l'emploi des turbines à vapeur d'échappement accouplées à des alternateurs synchrones et asynchrones. 396.
Effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur. P. Noel. 517, 543.

Turbines hydrauliques :

Une roue Pelton de 11 000 kw. 369.
Turbines hydrauliques à rendement élevé 484.
Tamponnage hydraulique. 516.

Turbines à gaz :

Sur le développement de la turbine à gaz. 437.

Unités et terminologie.

La Commission électrotechnique internationale. Son but. Ses projets. 1.
Réunion à Berlin de la Commission électrotechnique internationale. 439.

MM. Billon-Daguerre, L. Médard et H. Fontaine. — Sur les couples à flammes, par G. Moreau. 556.

Séance du 17 novembre 1913 : Sur l'aimantation de l'oxyde azotique et le magnéton, par MM. P. Weiss et A. Picard. 572.

Séance du 24 novembre 1913. 573.

Séance du 1er décembre 1913 : Sur l'origine du magnétisme terrestre, par M. A. Korn. 573.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

Séance du 8 janvier 1913 : Compte rendu des travaux des sections. — Discussion sur la commutation, par MM. Girault, Latour, Swyngedauw, Brunswick, Gratzmuller, Mauduit. 43.

Séance du 12 février 1913 : Compte rendu des travaux des sections, par M. Grosselin. — La télégraphie et la téléphonie au Congrès de Versailles, par M. Toncar. — Travaux du Laboratoire central d'électricité. Étude expérimentale des nouvelles lampes électriques incandescentes, par MM. Broca, de la Gorce, Jouaust et Laporte. — Quelques difficultés de la photométrie des sources luminescentes industrielles. Nécessité d'employer le photomètre le plus simple pour la comparaison des lumières très différentes, par MM. Broca et Laporte. — Sur la traction monophasée, par M. Marius Latour. 92.

Séance du 5 mars 1913 : Compte rendu des travaux des sections. — Présentation d'un fac-similé du téléphone original de Graham Bell, par M. Planchon. — Sur la traction à courant alternatif simple, par M. Latour. — Stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets, par M. Recklinghausen. 140.

Séance du 2 avril 1913 : Communication par téléphonie sans fil entre Rome et Tripoli. — La traction électrique par courant continu à haute tension. — L'inscription des signaux hertziens de l'heure. 197.

Séance du 17 avril 1913 : L'électrification des chemins de fer du Midi. — La traction électrique aux États-Unis. 220.

Séance du 7 mai : Essais des toiles isolantes. — Rayons X; applications médicales. — Variation, en fonction de la température, du magnétisme rémanent des aciers aimantés à froid. 245.

Séance du 4 juin 1913 : Sur un nouveau perméamètre. — La bauxite et le four électrique. — Détecteur électrolytique. 292.

Séance du 1er juillet 1913 : Expérience sur les limiteurs de tension. — Enregistrement des signaux de T. S. F. 334.

Séance du 6 novembre 1913 : Machine dynamo à excitation interne, par R.-V. Picou. — La téléphonie sous-marine, par M. Devaux-Charbonnel. 530.

Séance du 3 décembre 1913 : Nouveau système de traction électrique. — Démarrage sans résistance et récupération système S. T. A. R. par M. Legouëz. — Sur la conductibilité des gaz et des vapeurs émis par les locomotives à vapeur, par M. Parodi. 575.

SOCIÉTÉS TECHNIQUES FRANÇAISES.

Le 20e anniversaire de l'Association amicale des ingénieurs-électriciens. 49.

Réunion à Paris de l'Institution of Electrical Engineers et de la Société des électriciens. 288.

SOCIÉTÉS TECHNIQUES ÉTRANGÈRES.

La 21e Assemblée générale de la Société électrotechnique allemande. 226.

Le 30e anniversaire de la fondation de la Société électrotechnique de Vienne. 250.

Stations centrales.

L'usine hydraulico-électrique de Rjukan (Norvège). 5.

Les dangers de l'huile dans les centrales modernes. 25.

Unification des couleurs utilisées pour distinguer les tuyauteries dans les usines. 50.

Les moteurs à gaz dans les stations électriques. 75.

Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. Marchand. 101, 132.

Les usines centrales de Vienne. 123.

Les stations centrales municipales en Allemagne. 146.

A propos des abonnements à forfait. 146.

Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. H. Marchand. 155.

Statistique des stations centrales hollandaises en 1911. 202.

Statistique des usines électriques suédoises à la fin de 1910. 204.

Les moulins à vent pour la production de l'énergie électrique. 250.

Utilisation de la puissance hydraulique dans les divers pays. 273.

La distribution de l'énergie électrique dans Paris. 280, 395.

Sous-stations des réseaux à très haute tension. 293.

Observations pratiques sur la protection des installations électriques par la mise à la terre. 304.

Règles générales pour la construction des grandes centrales à vapeur. 312.

Les usines hydraulico-électriques au Japon. 345.

Les installations hydraulico-électriques en Sardaigne, dans l'Italie et dans la Calabre. 345, 465.

Explosion d'un interrupteur à huile. 367.

Une usine hydraulico-électrique de 200 000 kilowatts. 368.

Le facteur de puissance des grands réseaux aériens. 368.

Dépenses des usines à gaz et des centrales électriques. 414.

Causes d'incendie des stations centrales électriques. 416.

Les installations électriques au Pérou. 416.

Emploi de l'aluminium comme conducteur d'énergie. 417.

Comparaison entre les installations à courant alternatif avec point neutre isolé ou mis à la terre. 436.

Distribution de gaz pour la production de l'énergie. 436.

Les centrales électriques et la fabrication de la glace. 511.

Les distributions d'énergie électrique à tension supérieure à 100 000 volts aux États-Unis. 513.

L'alimentation en énergie électrique de l'État de New-York. 533.

Utilisation de la chaleur perdue dans les usines à gaz. 536.

Branchement direct des consommateurs isolés sur les lignes de distribution à tension moyenne. Henry. 541.

L'usine hydraulico-électrique de la Listertalsperre. 559.

Télégraphie.

Le railophone. 76.

Système Gacogne pour télégraphie sur lignes à haute tension. 266.

Les télégraphes et les téléphones en Suisse en 1912. 515.

Signaux télégraphiques par courants alternatifs. 540.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

Opinion de Tesla sur la diminution de portée de la T. S. F. pendant le jour. 26.

Sur la réception avec antennes au ras du sol, par Rothé. 42.

Une revue nouvelle, la T. S. F. 50.

La T. S. F. appliquée à l'aviation. 50.

Emploi du système Poulsen. 51.

Une tour de 500 m pour la T. S. F. 52.

Grande portée de la T. S. F. 74.

Une installation de T. S. F. au Vatican. 74.

Télégraphie sans fil dans l'armée britannique. 74.

Les radio-phares. 75.

Les télégrammes radiotélégraphiques d'intérêt général. 97, 490.

Statistique des installations de T. S. F. 99.

Description de l'appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires, par G. Bigourdan. 117.

Réception à Washington d'ondes de la tour Eiffel. 145.

La T. S. F. et les aurores boréales. 146.

Du rôle des antennes horizontales en radiotélégraphie, par Jégou. 149, 190.

Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire, par P. Jégou. 164.

La T. S. F. sur les chemins de fer du Nord. 169.

Le réseau de T. S. F. anglais. 170.

Application de la loi sur la T. S. F. en Amérique. 171.

Expériences relatives à l'intensité de réception des signaux de télégraphie sans fil à de très grandes hauteurs. 172.

L'inscription des signaux hertziens de l'heure, par A. Turpain. 194.

Méthode directe pour la détermination de la résistance de rayonnement d'un poste émetteur. 199.

La T. S. F. dans les chemins de fer. 226.

Maladie professionnelle des radio-télégraphistes. 226.

Influence de la lune sur la T. S. F. 226.

Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes, par G. Meslin. 240.

L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse, par A. Turpain. 240.

Relais extra-sensible pour la T. S. F., par A. Turpain. 243.

Du rayonnement des antennes. 247.

Dispositif Magunna à étincelles musicales 266.

Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines, par C. Tissot. 270.
Amplificateur pour la radiotélégraphie. Hensy. 284.
Détecteur Jégou. 293.
Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus. C. Tissot. 333.
Application à la T. S. F. d'un micro-galvanomètre à enregistrement continu, par H. Abraham. 335.
Sur l'action amortissante de la terre sur les oscillations de l'antenne. 341.
Stations de T. S. F. au Brésil. 344.
Signalement des icebergs par la T. S. F. 369.
Envoi de l'heure par la T. S. F. 369.
Influence des murailles sur la T. S. F. 370.
Influence des éruptions volcaniques sur la T. S. F. 370.
L'expédition polaire d'Amundsen et la T. S. F. 417.
Résultats du contrôle de l'État sur la T. S. F. en Amérique 441.
Freinage à distance des trains. 441.
La T. S. F. 441.
Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits de T. S. F. par E. Rothé et Guéritot. 459.
La haute fréquence en T. S. F. 461.
Grandes portées de la T. S. F. 466.
T. S. F. dirigée. 485.
Les radiogrammes d'intérêt général. — Réception des signaux horaires de T. S. F. 97, 490, 536.
Mesure des courants faibles et de haute fréquence. Bela Gati. 498.
Effet sonore déterminé par le contact d'une pointe métallique et d'un cristal par le passage d'un courant alternatif. R. Dongier et E. Brazier. 506.
Installation de T. S. F. du paquebot « Imperator ». 516.
Station de T. S. F. d'Arlington. 533.
Règle à calcul pour T. S. F. 535.
La télégraphie sans fil pendant la guerre. 539.
Résistance des détecteurs à cristaux. 560.
Une grande station de T. S. F. 562.
Intensité des signaux radiotélégraphiques suivant l'époque et l'heure. 576.
Calcul des bobines de self sans fer. 576.
Influence de l'atmosphère en T. S. F. 577.
Détermination de la capacité des antennes horizontales à conducteurs rectilignes. 577.

Téléphonie

Nouveaux postes téléphoniques de l'État. 4, 121.
Téléphonie sans fil dans les mines. 22.
Amélioration de la sonorité des appareils téléphoniques. 25.
Vérification des joints de rails au téléphone. 49.
Le railophone. 76.
Contrôle de la marche d'un moteur électrique au moyen d'un téléphone. 99.
La téléphonie sans fil dans les mines. 113.
Appareils téléphoniques. 121.
Emploi d'une lampe à incandescence comme récepteur téléphonique. 204.
Les sociétés de téléphone au Canada. 250.
Lignes téléphoniques de New-York à San-Francisco. 274.
Condensateur pour téléphone. 295.
Perturbations des lignes téléphoniques occasionnées par les chemins de fer à courant alternatif. 295.
Le téléphone instrument de mesures, oscillographe interférentiel, par M. Guyau. 334.
Condensateur téléphone. 342.
Étude des vibrations des membranes de téléphones. 342.
Ligne téléphonique de New-York à San-Francisco. 379.
De l'influence des rayons sur le téléphone. 442.
Un nouveau relais téléphonique. 512.
Les téléphones en Suisse en 1912. 515.
La téléphonie sous-marine. 532.
Le développement des téléphones en Angleterre. 539.
Installation téléphonique pour tramways. 562.

TÉLÉPHONIE SANS FIL.

La communication par téléphonie sans fil entre Rome et Tripoli, par M. Vanni. 196.
Téléphonie sans fil. 394.

Traction électrique.

Voy. *Locomotion.*

Transformateurs.

Transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique. 26.
Protection des réseaux secondaires contre les courts-circuits des transformateurs. 118.
Sur les transformateurs d'intensité. 119.
Transformateurs de périodicité pour fréquences variables. 120.
Transformateur de courant triphasé en courant alternatif simple de fréquence triple. 167.
Compensateur de déphasage. 167.
Prix des pertes dans les transformateurs. 168.
Nouveau transformateur à rapport variable 224.
Commutatrices à pôles auxiliaires. 271.
Installation des transformateurs à l'air libre. 294.
L'élévation de température des pièces des machines. 322.
Déshydratation et purification des huiles. 405.
Transformateur de tension pour essais. 436.
Calcul des transformateurs. 464.
Transformateurs à plusieurs fréquences. 577

Transmission de l'énergie.

Pertes d'énergie par luminescence sur les lignes à haute tension. 61, 277.
Les installations de production et de transmission aux États-Unis d'Amérique. H. Marchand. 153.
Transport d'énergie de Trollhättan à Copenhague. 388.
Transport d'énergie de Big-Creek à Los Angeles. 392.

Turbines.

Turbines à vapeur :

L'utilisation des hauts degrés de vide dans les turbines à vapeur. 71.
Turbo-dynamos de 22 000 kilowatts. 73.
L'usure des turbines à vapeur. 98.
Sur l'emploi des turbines à vapeur d'échappement accouplées à des alternateurs synchrones et asynchrones. 396.
Effets mécaniques résultant de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur. P. Noël. 517, 543.

Turbines hydrauliques :

Une roue Pelton de 11 000 kw. 369.
Turbines hydrauliques à rendement élevé 484.
Tamponnage hydraulique. 516.

Turbines à gaz :

Sur le développement de la turbine à gaz. 437.

Unités et terminologie.

La Commission électrotechnique internationale. Son but. Ses projets. 1.
Réunion à Berlin de la Commission électrotechnique internationale. 459.

PARIS. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, rue de Fleurus, à Paris.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du* **10** *de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le* 30 *du mois précédent.*

M. A. L., à Toucy. — L'Hératol, produit employé pour l'épuration de l'acétylène est en vente, 48, rue Saint-Lazare.

M. T., à Paris. — Le courant de départ d'un transformateur, ainsi que la propagation des oscillations sur les lignes ont été étudiés d'une façon magistrale par M. Steinmetz, dans son ouvrage *Transient Electric phenomena and oscillations*, traduit en français par M. P. Bunet.

M. H., à Marseille. — Le moteur Diesel a été utilisé pour la commande d'un laminoir à laiton à Kramsach-Acheurain (Tyrol), la consommation d'huile lourde a été mesurée en pleine charge, elle s'élève à 196 grammes par cheval-heure, le rendement thermique a atteint 32 pour 100, ce qui est remarquable pour une marche industrielle.

M. A., à Paris. — L'*Industrie Electrique* a publié dans son n° 416 du 23 avril 1909 un plan des secteurs électriques de Paris, indiquant la délimitation des zones à courant continu et à courant alternatif.

INFORMATIONS

La concurrence étrangère. — Nos lecteurs savent avec quelle ardeur nous n'hésitons pas à nous dresser contre les abus du contrôle et l'ignorance dangereuse de certains services de l'Etat ; mais il y a actuellement un péril plus grand qui menace les industriels, péril sur lequel nous attirons leur attention, c'est la concurrence étrangère.

La concurrence étrangère sévit chez nous sous deux formes qu'il faut connaître pour mieux la combattre : d'une part, l'introduction de produits et de machines à des prix ridiculement bas, et d'autre part la substitution d'ingénieurs étrangers à des ingénieurs français dans les hauts postes de sociétés soi-disant françaises.

Nous connaissons de grosses maisons allemandes, que nous ne citerons pas pour ne pas leur faire de réclame, qui n'hésitent pas à vendre à perte des dynamos, moteurs, compteurs, etc., dans le seul but d'anéantir le marché français. Une fois les maîtres de la place, ces commerçants sans scrupules espèrent faire ce qu'ils voudront. Nous signalerons en particulier la ville du Havre où tous les compteurs actuellement *poinçonnés* par la municipalité sont de fabrication allemande.

D'autre part des compagnies importantes à allure française confient la direction de leurs affaires à des ingénieurs étrangers qui peu à peu font venir leurs amis et empêchent totalement l'avancement des ingénieurs français.

Il faudrait que les industriels sachent qu'il y a en France des idées, des capitaux et des produits qui valent ceux de l'étranger. Malheureusement le Français n'a pas assez conscience de sa valeur pour pouvoir imposer ses produits ; cependant si les usines françaises veulent s'en donner la peine, elles distanceront facilement tous leurs concurrents étrangers.

L'art et le goût français n'ont pas été dépassés, pourquoi l'industrie le serait-elle ? Nous connaissons actuellement de merveilleuses inventions dues à des ingénieurs essentiellement français que des raisons de brevets nous empêchent de dévoiler et qui vont faire l'admiration du monde électrique et scientifique.

Pourquoi s'enthousiasmer de machines et d'appareils qui ne sont le plus souvent que la réalisation de vieilles idées françaises. Laissons le plagiat fleurir à son aise à l'étranger, encourageons l'industrie française, nous y trouverons tous notre avantage.

A. S.

Certificat d'aptitude au contrôle des distributions d'énergie électrique. — Aux termes d'un arrêté en date du 7 décembre 1912, des examens auront lieu le mercredi, 23 juillet 1913, dans les villes qui seront désignées ultérieurement, pour l'obtention du *certificat d'aptitude au contrôle des distributions municipales d'énergie électrique*, dans les conditions fixées par l'arrêté du 27 décembre 1907.

Pour être admis à subir les épreuves, les candidats doivent être Français et âgés de plus de vingt et un ans au 1er janvier 1913.

Toutes les demandes d'admission devront être adressées, sur papier timbré, *avant* le 15 *juin* 1913, au Ministre des travaux publics, par l'intermédiaire du préfet du département où résident les candidats. Elles seront accompagnées :

1° D'une expédition authentique de l'acte de naissance du candidat et, s'il y a lieu, d'un certificat établissant qu'il possède la qualité de Français ;

2° D'un certificat de moralité délivré par le maire du lieu de la résidence ou par le commissaire de police et dûment légalisé ;

3° D'un extrait du casier judiciaire remontant à moins de six mois de date.

Les candidats appartenant déjà à une administration publique n'auront pas à produire ces pièces, mais leur demande d'admission devra être appuyée par leurs chefs hiérarchiques et contenir les indications suivantes :

Nom et prénoms (souligner le prénom donné habituellement).
Lieu et date de naissance.
Administration publique.
Qualité et grade.
Service, résidence et adrese exacte.

SOCIÉTÉS

Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité (Compagnie d'électricité de Limoges). — Exercice 1911. — Rapport du Conseil d'Administration *à l'Assemblée générale ordinaire des Actionnaires du 24 avril* 1912. — Messieurs :

Nos recettes totales d'éclairage et de force motrice pour l'exercice 1911 se sont élevées à la somme de	1 053 454,60 fr.
Contre, en 1910	960 318,30
D'où il résulte une augmentation, en 1911, de	73 136,30 fr.

L'augmentation de 1910 sur 1909 avait été de 51 765,50 fr.

Nos dépenses d'exploitation se sont élevées en 1911 à	351 680,10 fr.
Contre, en 1910	312 820,00
D'où une augmentation, en 1911, de	38 860,10 fr.
Les bénéfices d'exploitation s'élèvent ainsi en 1911 à	683 774,50 fr.
Contre, en 1910	647 498,30
Ce qui constitue une augmentation, en 1911, de	36 276,20 fr.

L'augmentation des bénéfices d'exploitation de 1910 sur 1909 avait été de 20068,58.

Le chiffre des bénéfices d'exploitation eût pu se rapprocher davantage du chiffre même de l'accroissement des recettes, si nous n'avions pas eu à compter avec la sécheresse de l'été dernier qui nous a privés pendant les mois des basses eaux

d'une partie de la puissance de production de l'usine du Saillant, et si, d'autre part, nous n'avions eu à supporter une plus grande dépense pour l'entretien de nos batteries d'accumulateurs.

Sur ce dernier point, il faut nous attendre désormais à ce que cet entretien nous occasionne une dépense analogue à celle de cette année.

Cette charge pourra toutefois être atténuée par le fonctionnement de notre groupe turbo-alternateur que nous avons fini d'installer au mois de novembre dernier.

Le nombre d'abonnés branchés sur le réseau était, au 31 décembre 1911, de 2847, soit :

A Limoges	2716	
A Lubersac	131	
		2847 abonnés.
Contre, au 31 décembre 1910 :		
A Limoges	2450	
A Lubersac	120	
		2570
Ce qui constitue, pour 1911 une augmentation de		277 abonnés.

TRAVAUX NEUFS EN 1911. — Les travaux d'augmentation de puissance de notre matériel, dont nous vous avons entretenus à notre dernière assemblée et qui étaient devenus indispensables par suite du développement toujours croissant de notre distribution d'énergie, ont été exécutés conformément au programme que nous vous avons indiqué, tant à notre usine de Limoges qu'à l'usine hydro-électrique du Saillant.

Ces nouvelles installations nous permettent d'assurer normalement la plus grande partie de la fourniture du courant aux abonnés de Limoges avec l'usine hydraulique du Saillant. Ce n'est guère qu'au moment des pointes en hiver que nous serons obligés, sauf en cas d'accident, d'emprunter le secours de l'usine à vapeur de Limoges.

D'autre part, en cas d'accident sur la ligne de transport d'énergie, il nous est maintenant possible d'alimenter économiquement nos abonnés au moyen de la nouvelle installation faite à l'usine à vapeur de Limoges.

Cette installation comporte les perfectionnements les plus récents et son fonctionnement nous donne toute satisfaction.

TRAVAUX DE CANALISATION EN 1911. — Pendant l'année 1911 nous avons continué d'étendre notre réseau de canalisations à Limoges :

Il a été posé :

2 km 845 de câble armé à 3 conducteurs de 50 et 100 mm² de section à basse tension.

3 km 848 de câble armé à 3 conducteurs de 10, 15, 25 et 50 mm² de section à haute tension.

Et 460 mètres de lignes aériennes à 120 volts constituées par 3 conducteurs nus de 30 mm² de section.

Il a été en outre construit 9 nouveaux postes de transformateurs d'une puissance totale de 273 kv-A et 4 anciens postes de transformateurs ont été augmentés d'une puissance de 28 kv-A.

Par contre, 2 postes, représentant une puissance de 103 kv-A, ont été supprimés.

Le nombre des postes de transformateurs établis à Limoges au 31 décembre 1911 est de 149 contre 142 au 31 décembre 1910.

Ces postes renferment 153 transformateurs en fonctionnement représentant une puissance de 5571 kv-A contre, au 31 décembre 1910, 147 transformateurs en fonctionnement, représentant une puissance de 5561 kv-A.

Compte de premier établissement.

Notre compte de premier établissement s'est augmenté en 1911 de	1 015 123,58 fr.
Ce qui le porte au bilan du 31 décembre 1911 à	8 566 714,02

Cette augmentation tient surtout aux installations dont nous venons de parler d'un turbo-alternateur de 5000 chevaux à Limoges et d'un groupe de 1000 chevaux au Saillant.

Elle se décompose comme il suit :

Usine et réseau de Limoges	845 332,28 fr.
Usine de la Vézère et ligne de transport	169 791,30
Total	1 015 123,58 fr.

Ces chiffres comprennent eux-mêmes :

Pour Limoges :	
Agrandissement de l'usine (achat de terrain, construction de bâtiments et installation)	157 433,75 fr.
Chaudières, moto-pompes, parc à charbon, bascules	297 221,60
Turbo-alternateur, fondations, tableau, câbles	217 164,95
Canalisations et branchements	160 879,48
Installations gratuites et divers	12 632,50
Total	845 332,28 fr.
Pour la Vézère :	
Turbines, alternateur, tableau et divers	100 664,85 fr.
Achèvement de la transformation de la ligne de transport d'énergie	69 126,45
Total	169 791,30 fr.

Nous avons aussi continué pendant l'année 1911 à développer le réseau de distribution de Limoges et installé de nouveaux postes de transformateurs dont nous vous avons donné plus haut le détail.

Compte de Profits et Pertes.

Nos recettes totales en 1911 se sont élevées pour l'éclairage à Limoges à	542 613,15 fr.
Et, pour la force motrice et fournitures diverses de courant en dehors de Limoges, à	492 841,45
Total	1 035 454,60 fr.
Les dépenses d'exploitation ont été de	351 680,10
Laissant un bénéfice de	683 774,50 fr.
Auquel il faut ajouter, pour recettes diverses, locations et bénéfices produits par le compte Marchandises en magasin	14 286,78
Ensemble	698 061,28 fr.

Le rapport des dépenses d'exploitation aux recettes d'éclairage et de force motrice, qui avait été de 32,3 pour 100 en 1910, a été ainsi de 33,9 pour 100 en 1912 par suite de l'augmentation de certaines dépenses, comme nous vous l'avons expliqué plus haut.

Du bénéfice brut ci-dessus, soit	698 061,28 fr
Il y a lieu de retrancher le montant des frais généraux	33 676,15
Reste	664 385,13 fr.
Les charges du service financier, coupons d'obligations, primes d'amortissement et divers, se sont élevés à	219 680,81
Ce qui laisse un chiffre de bénéfices nets de	444 704,32 fr.

contre 417920,61 fr en 1910.

Répartition des bénéfices.

Sur le chiffre des bénéfices nets, ci	444 704,32 fr.
Il y a à prélever pour amortissement des obligations en 1911	25 152,10
Reste	419 552,22
Sur lesquels nous vous proposons d'affecter une somme de	223 762,75
Au compte Réserves pour amortissements divers, ce qui ramène à	195 789,47 fr.

la somme disponible pour la réserve légale, le dividende et l'amortissement des actions.

Soit :

Réserve légale	9 789,47 fr.
Répartition d'un dividende de 6 pour 100 à toutes les actions, privilégiées ou ordinaires	171 000,00
Dotation du Fonds d'amortissement des actions	15 000,00
Total égal	195 789,47 fr.

La suite page 203.

Enfin, nous vous proposons de solder le compte des « Bénéfices reportés des exercices antérieurs » en en transportant le montant, soit 11524,93 fr au compte de la Réserve légale.

Si vous approuvez ces attributions, vos différents comptes de réserves s'élèveront aux chiffres suivants :

Réserve légale	221 114,40 fr.
Réserves pour amortissements divers	1 315 175.77
Fonds d'amortissement du capital des actions	69 590.00
Ensemble	1 605 880,17 fr.
L'ensemble de nos prélèvements pour amortissements ou réserves de toute sorte s'élèvera ainsi, pour cet exercice, à	273 704,32 fr.

Vous voudrez bien vous unir à nous pour remercier nos collaborateurs de tout ordre et le personnel ouvrier de nos usines qui nous ont prêté, comme d'habitude, le plus entier concours.

Aux termes de l'article 27 de vos statuts, les pouvoirs d'un de nos administrateurs, M. F. Jolly, sont expirés.

Vous aurez enfin à procéder à la nomination des commissaires pour l'exercice courant.

Nous vous rappelons que les administrateurs sortants et les commissaires sont rééligibles.

Rapport des commissaires des comptes. — Messieurs, En exécution du mandat que vous avez bien voulu nous confier dans votre dernière Assemblée générale, nous avons l'honneur de vous présenter notre rapport sur les comptes de l'exercice 1911.

Nous avons constaté, par nos vérifications, que le bilan soumis à votre approbation est bien conforme à vos livres, qui sont en bon ordre.

Le montant total de votre bilan au 31 décembre 1911 s'élève à 11820780,77 fr, en augmentation de 1034708,07 fr par rapport à celui de l'année précédente.

Cette augmentation est due, presque entièrement, à des nouvelles dépenses de *Premier Établissement*. On a installé à Limoges une turbine à vapeur de 3000 chevaux et la puissance de l'usine du Saillant a été augmentée de 1000 kilovolts-ampères correspondant à environ 700 chevaux-vapeur.

On a aussi terminé le remplacement des poteaux du câble de la Vézère, ce qui a encore coûté, cette année, 69126,45 fr.

L'ensemble des dépenses portées au compte de *Premier Établissement* pendant l'année 1911 s'élève à 1015123,58 fr, dont 845332,28 fr pour Limoges et 169791,30 fr pour la Vézère.

Les *Compteurs* ne figurent plus au bilan que pour 61697,20 fr, soit 8936,70 fr de moins que l'an dernier.

Le montant des *Titres en portefeuille* a grossi de 16609,45 fr et s'élève à 52774,45 fr. Vous savez que ce chapitre est constitué par le placement du Fonds d'Amortissement du Capital-Actions.

Les *Marchandises en Magasin* figurent à l'actif pour 92146,35 fr. Leur montant a été diminué de 24227,17 fr par des ventes et des amortissements.

Les comptes *Débiteurs divers* forment une somme globale de 330958 fr, composée des Abonnés de Limoges, Brive et Lubersac représentant 266766,85 fr, du compte Entretien d'Installations qui s'élève à 35687,80 fr, du compte Cautionnement et Avances diverses, soit 6574,60 fr et d'une somme de 21958,75 fr représentant l'excédent des *Frais d'entretien des Accumulateurs* sur la somme que le Conseil estime devoir désormais affecter chaque année à cette destination. Le Conseil a cru pouvoir inscrire cet excédent à un compte d'attente, parce qu'il a la certitude que les dépenses d'entretien de 1912 seront très inférieurs à celles de 1911 et laisseront une somme disponible suffisante pour compenser l'excédent ci-dessus.

Les *Espèces en Caisses et en Banque* se montaient au 31 décembre dernier à 186264,25 fr.

La *Prime de Remboursement* sur vos obligations, qui se chiffre par 2014214,10 fr, a diminué de 12347,90, représentant la prime des obligations appelées au remboursement en 1911.

Au Passif, le montant des *Obligations* a diminué de 37500 fr par le fonctionnement de l'amortissement. Il n'a pas été émis d'obligations en 1911, et le montant total de vos emprunts figure au bilan pour 6220500 fr, sans autre modification que le remboursement de 37500 fr que nous venons de mentionner.

La *Réserve légale* a été augmentée des 9789,47 fr prélevés sur les bénéfices de l'an dernier et s'élève ainsi à 200000 fr.

La Réserve représentant les *Obligations amorties* se monte à 146365,65 fr, en augmentation de 23795,95 fr.

La *Réserve pour l'Amortissement du Matériel* a été dotée de 189872,54 fr, conformément aux résolutions votées dans votre précédente réunion, ce qui la porte à 919895,27 fr.

Enfin, le *Fonds d'Amortissement du Capital Actions* a reçu 15000 fr plus 6 pour 100 d'intérêts sur l'ensemble du compte qui se monte ainsi à 54590 fr.

Les *Créditeurs divers* ont subi une forte augmentation, par suite des dépenses de Premier Établissement signalées plus haut. Elle porte tout entière sur les *Créances à terme* qui ont grossi de 812387,70 fr et s'élèvent à 909577,60 fr, dont 755777,50 fr payables cette année et 153800,10 fr payables en 1913. Les autres comptes de ce groupe ne comportent pas d'observations. Les *Avances sur Canalisations* sont inscrites pour 5886,45 fr, les *Obligations à rembourser* pour 9500 fr et les *Coupons arriérés* pour 20166,90 fr.

Le compte de *Profits et Pertes* accuse un solde créditeur de 456029,25 fr composé des 11524,93 reportés de l'année dernière et de 444704,32 fr représentant les bénéfices de l'exercice 1911, qui sont supérieurs de 26783,71 fr à ceux de l'année précédente.

Nous vous proposons, Messieurs, d'approuver les comptes et le bilan tels qu'ils vous sont présentés par le Conseil d'administration.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1911

Actif.

Premier établissement :	
Apports	500 000,00 fr.
Terrains, constructions et installations :	
Années antérieures	7 551 590,44
Exercice 1911	1 015 123,58
Compteurs	61 697,20
Marchandises en magasin	92 146,35
Titres en portefeuille	52 774,45
Débiteurs divers :	
Abonnés	266 736,85
Entretien d'installations	35 687,80
Cautionnement et avances diverses	6 574,60
Frais réservés d'entretien d'accumulateurs	21 958,75
Caisses et banques	186 264,25
Primes de remboursement sur obligations	2 014 214,10
Impôts sur titres	16 012,40
Total	11 820 780,77 fr.

Passif.

Capital	2 850 000,00 fr.
Obligations en circulation :	
4 pour 100	1 432 000,00
3 pour 100	4 788 500,00
Réserve légale	200 000,00
Réserve pour amortissements divers	1 066 260,92
Fonds d'amortissement du capital actions	54 590,00
Créditeurs à termes échelonnés	909 577,60
Avances sur canalisations	5 886,45
Obligations amorties restant à rembourser	9 500,00
Coupons échus restant à payer	20 166,90
Comptes d'ordre	28 269,65
Profits et pertes :	
Solde antérieur	11 324,93
Exercice 1910	444 704,32
Total	11 820 780,77 fr.

COMPTES DE PROFITS ET PERTES

Débit.

Dépenses d'exploitation	351 680,10 fr.
Dépenses d'administration	33 676,15
	385 356,25
Service des obligations	219 680,81
	605 037,06
Balance	456 029,25
Total	1 061 066,31 fr.

Crédit.

Recettes d'exploitation	1 035 454,60 fr.
Recettes diverses	14 288,78
	1 049 741,38
Report des exercices précédents	11 324,93
Total	1 061 056,31 fr.

Résolutions présentées a l'assemblée générale des actionnaires et votées a l'unanimité. — *Première résolution.* — L'assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et celui des Commissaires, approuve les rapports ainsi que le bilan et les comptes de l'exercice 1911 tels qu'ils lui sont présentés, et fixe à 6 pour 100 le dividende de cet exercice.

Deuxième résolution. — Le dividende de l'exercice 1911, fixé à 6 pour 100, soit 6 francs par action de 100 francs, privilégiée ou ordinaire, sera mis en paiement à partir du 1er mai 1912 aux caisses du Crédit Mobilier Français, 3 et 5, rue Saint-Georges, à Paris, à raison de :

5 fr. 76 par action privilégiée ou ordinaire nominative, sur présentation du certificat;

5 fr 50 par action privilégiée au porteur, contre remise du coupon n° 13;

5 fr 50 par action ordinaire au porteur, contre remise du coupon n° 14.

Troisième résolution. — L'assemblée générale nomme administrateur pour six ans, dans les termes de l'article 27 des statuts, M. F. Jolly.

Quatrième résolution. — L'assemblée générale nomme commissaires des comptes pour l'exercice 1912, MM. E. Blanchard et H. Picard.

Elle fixe à 500 francs la rémunération de chacun d'eux.

En cas de démission, empêchement ou décès de l'un des commissaires, l'autre résume tous les pouvoirs.

Cinquième résolution. — L'assemblée confirme, en tant que de besoin, à ceux des administrateurs qui feraient partie d'autres sociétés ou entreprises avec lesquelles la Compagnie aurait à traiter, l'autorisation prévue par l'article 34 des statuts.

La Société Anonyme des Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes, Sainte-Aldegonde et Genck fait connaître qu'elle tient de faire apport de la partie Ouest de sa concession de Genck-Sutendael, instituée en concession distincte sous le nom de « Concession de Winterslag », par arrêté royal du 23 novembre 1912, de même que des constructions et installations établies sur et dans cette concession, à la Société Anonyme des Charbonnages de Winterslag constituée le 30 novembre 1912, par-devant Me Van Halteren, notaire, à Bruxelles.

Elle a cédé également à cette Société tous les droits et obligations résultant des contrats et marchés qu'elle avait passés en vue de l'établissement du Charbonnage de Winterslag de sa division de Genck.

La Société Anonyme des Charbonnages de Winterslag fait part de la constitution de sa Société qui est devenue propriétaire de la Concession de Winterslag, instituée par arrêté royal du 23 novembre 1912, dont la Société anonyme des Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes, Sainte-Aldegonde et Genck lui a fait apport ainsi que de toutes les installations entreprises dans cette concession et de tous les droits et obligations des marchés et contrats conclus par la dite Société en vue de l'établissement du Charbonnage de Winterslag.

L'Éclairage électrique. — Société anonyme française, 364, rue Lecourbe, Paris. — Capital : 11625000 francs. — 1° Augmentation du capital de 6 millions à 10625000 francs. La Société des Usines électriques Bergmann, 30, place de la Madeleine, à Paris, et la Société des Etablissements Victor Meng, 50, rue Bolivar, Paris, fusionnent avec l'Éclairage électrique par voie d'absorption : la Société des Usines électriques Bergmann apporte tout son actif et son passif moyennant l'attribution de 32000 actions de 125 francs de l'Éclairage électrique, jouissance 1er juillet 1912 et paiement de son passif; la Société des Établissements Victor Meng apporte tout son actif et son passif moyennant l'attribution de 5000 actions de 125 francs, jouissance 1er juillet 1912, 775000 francs en espèces et paiement de son passif. — 2° Augmentation de capital de 10625000 à 11625000 fr : émission de 8000 actions nouvelles de 125 francs chacune entièrement souscrites et libérées, jouissance 1er juillet 1912 ayant les mêmes droits que les actions anciennes.

BIBLIOGRAPHIE

Costruzioni Elettromeccaniche, par Ettore Morelli.

Nous avons souvent fait remarquer la rapidité avec laquelle les usines italiennes se sont développées. L'ouvrage de M. Morelli montre mieux que tous les discours la parfaite documentation des ingénieurs italiens. Ce travail, destiné aux constructeurs, contient l'exposé complet de la construction des machines à courant continu. Le calcul des machines, leur description et surtout une foule de détails pratiques le rendront indispensable à tous ceux que la construction intéresse. Illustré de 600 gravures, schémas ou courbes, il témoigne, de la part de son auteur, d'une documentation remarquable.

Installations électriques de Force et Lumière, *schémas de connexions*, par Adr. Curchod, ingénieur, 2e édition très augmentée. — Un vol. de 208 pages, comprenant 75 planches. — Prix : 7 fr. 50. *H. Dunod* et *E. Pinat*, éditeurs.

L'ouvrage de M. A. Curchod est un ouvrage de praticien, et fait pour les praticiens. Il peut rendre de notables services en économisant le temps précieux que l'on passerait à rechercher les meilleures dispositions d'un montage connu. C'est donc, dans son genre, un véritable formulaire : formulaire de schémas qui doit prendre sa place à côté des formulaires de formules et de nombres,

En publiant la seconde édition de cet ouvrage, M. Curchod a réuni, sous une forme schématique, les solutions de quelques-uns des problèmes qui se présentent le plus fréquemment dans l'étude et l'établissement des connexions reliant entre elles les machines électriques.

L'auteur a augmenté notablement, dans cette seconde édition, le nombre des problèmes étudiés et espère ainsi avoir étendu l'utilité de son ouvrage. En outre, répondant au désir qu'ont bien voulu lui manifester quelques lecteurs, il a joint à chaque planche une note explicative dans laquelle on a cherché à donner la légende de la figure correspondante et tous les renseignements nécessaires à sa compréhension.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. H. C., à B. — Steinmetz a étudié les surtensions dans son ouvrage *Théorie et calcul des phénomènes électriques*, traduit par P. Bunet ; mais vous trouverez dans *L'Industrie électrique* nos 471 et 473, 1911, pages 336 et 404, des articles pratiques avec indication de quelques moyens de protection. Au Congrès de Turin, il fut également question des surtensions (Séance du 15 septembre 1911, résumée dans *L'Industrie électrique*, n° 474 du 25 septembre 1911, page 430). Cette question a encore été envisagée par M. Grosselin, dans une communication au Congrès de Turin reproduite dans *L'Industrie électrique* n° 486 du 25 mars 1912, p. 136.

M. A., à Nice. — Le rendement des turbines hydrauliques est fonction du système de la chute et de la charge relative, il oscille entre 70 et 85 pour 100 à pleine charge. Dans les projets on prend généralement 75 pour 100.

M. M., à Lille. — Employez de préférence le moteur à cage d'écureuil, c'est le plus robuste ; malheureusement il absorbe une très forte intensité au démarrage, ce qui conduit à employer des bagues et un rhéostat. Si vous avez le moyen de le lancer aux environs du synchronisme, les bagues deviennent inutiles et mieux vaut employer une cage d'écureuil. Des moteurs de ce genre de 1000 kilowatts actionnaient, en 1900, les dynamos du trottoir roulant.

M. T., à Paris. — L'énergie critique d'un disque *plat* est $W = \frac{Mv^2}{4}$ *M* étant la masse du disque, *V* sa vitesse périphérique.

M. S., à Meaux. — La Société industrielle de télégraphie sans fil et d'électricité a son siège social à Paris, 52, rue du Mont-Thabor.

INFORMATIONS

La locomotion à travers les âges. (*Revue polytechnique de Genève.*) — Il est intéressant d'examiner le développement de la locomotion au cours de ces derniers siècles.

En négligeant les antiques véhicules traînés par des bœufs et si nous remontons à l'année 1599, nous trouvons qu'en carosse on parcourait à peu près 3,6 km à l'heure ; un siècle plus tard en 1692, on faisait du 4,6 km à l'heure ; puis vinrent les diligences ; en 1786, on pouvait franchir une moyenne de 5,5 km à l'heure.

En 1816, les malles-postes faisaient 6,8 km à l'heure, en 1834 la malle-poste parcourait 9,7 km à l'heure.

Arrivent alors les chemins de fer qui font en 1867 du 59 à l'heure, en 1887 du 65 ; en 1900, l'express de Calais faisait du 90 km à l'heure, parcourant 295 km en 3h15′.

Aujourd'hui, certains trains électriques en expérience atteignent 200 km à l'heure et nous ne disons rien des aéroplanes qui peuvent atteindre 150 km à l'heure, mais ceux-ci ne sont pas encore prêts à faire un service régulier de voyageurs.

On reste stupéfait des progrès de la science, quand on pense qu'il y a peu de temps encore la diligence accélérée mettait cinq jours pour aller de Paris à Lyon, trajet qui se fait aujourd'hui en quelques heures.

Direction générale des douanes. — *Classement des marchandises non dénommées au tarif d'entrée* (art. 16 de la loi du 28 avril 1816). — La direction générale des douanes porte à la connaissance des personnes intéressées les assimilations et classifications dont le relevé suit et qui, en ce qui concerne les assimilations, entreront en vigueur dans les délais fixés par l'article 2 du décret du 5 novembre 1870, soit, à Paris, un jour franc après la publication du *Journal officiel* et, partout ailleurs, dans l'étendue de chaque arrondissement, un jour franc après l'arrivée au chef-lieu de l'arrondissement du journal qui les contient :

DÉSIGNATION DES MARCHANDISES.	INDICATION DES ARTICLES DU TARIF AVEC LESQUELS LES PRODUITS DÉSIGNÉS CI-CONTRE ONT ÉTÉ CLASSÉS ET DONT ILS SUIVRONT LE RÉGIME.
Appareils de service ou de sûreté pour turbines . . .	Appareils de l'espèce pour machines à vapeur, etc. — Ne doivent en aucun cas être taxés sous le n° 535 quinquiès.
Câbles en fil de fer ou d'acier de diamètres différents	Les câbles de cette composition sont passibles de la taxe afférente aux câbles formés des fils les plus imposés qui entrent dans leur fabrication. Toutefois, lorsque ces derniers sont en proportion minime et n'ont pas une importance supérieure à celle de simples accessoires (pas plus de 10 pour 100 du nombre total des fils ou de 5 pour 100 du poids total, à l'option des intéressés), leur présence ne modifie pas le classement.
Débris de fer étamé, zingué ou galvanisé et d'ouvrages de ces métaux de 5 mm d'épaisseur au maximum .	Régime n° 219 *bis*, sous réserve du payement de la surtaxe d'entrepôt s'il s'agit de débris d'origine extra-européenne importés des entrepôts d'Europe.
Gazomètres ou Réservoirs en tôle de fer ou d'acier . . .	Le classement suivant l'épaisseur de la tôle est déterminé sur le corps principal de l'objet, lorsque celui-ci est monté, et sur chaque partie de l'objet dans le cas contraire.
Limiteurs de courants (interrupteurs automatiques) pour empêcher la consommation d'électricité au-dessus d'un forfait) . . .	Appareils électro-techniques (n° 524 *bis*).
Nickel ou Nickel allié. . . .	Il n'y a pas lieu de tenir compte de la minime proportion d'argent qui peut être contenue naturellement dans les métaux.
Parties de limiteurs de courants (pièces détachées d'interrupteurs automatiques pour empêcher la consommation d'électricité au-dessus d'un forfait).	Pièces détachées d'appareils électro-techniques (n° 536).
Pompes à mercure	Instruments pour laboratoires (n° 634 *quater*).
Poupées de tours.	Pièces détachées de machines selon l'espèce (nos 532 et suivants).
Sabots d'enrayage portatifs en fer, fonte ou acier, pour l'arrêt des wagons. .	Matériel fixe de chemins de fer (n° 525 *bis*).
Tiges en fer ou acier pour interrupteurs revêtues de papier ou de carton recouvert d'un enduit analogue aux compositions à base de micanite	Ouvrages en mica (n° 620 *ter*).
Tôles en cuivre ou en laiton dorées ou argentées . . .	Cuivre doré laminé (n° 221).
Tubes en fer ou acier, à ailettes ou autres	Tubes en fer ou acier, selon l'espèce (n° 567).
Turbines à vapeur ou hydrauliques importées sans leur arbre	A considérer comme Appareils incomplets.
Wagons de houille	En cas d'excédent résultant de pesées par épreuves, il y a lieu de ne liquider l'excédent que sur les wagons vérifiés, sauf à procéder au pesage intégral en cas de doute sur l'exactitude des poids déclarés.

Concours d'attelages automatiques pour wagons de chemins de fer. — *Rapport de la commission chargée d'examiner les projets présentés à ce concours.* — La commission nommée par arrêtés ministériels des 7 et 24 octobre 1912 a été chargée d'examiner les systèmes d'attelages automatiques

présentés au concours établi par l'arrêté du 10 mai 1912. Le caractère précis de la mission donnée à la commission se déduit facilement des documents ci-après résumés.

Une dépêche ministérielle du 5 février 1910 avait demandé au comité de l'exploitation technique des chemins de fer de rechercher s'il existait un système d'attelage automatique dont l'administration pût se proposer de généraliser l'emploi et, d'une manière générale, de faire une étude complète de la question de l'attelage automatique.

Le 20 avril 1912, la commission spéciale qui avait été chargée par le comité technique de procéder à une première étude a émis l'avis :

1° Qu'il n'existait pas de système d'attelage automatique, compatible avec l'emploi des tampons latéraux, ayant fait suffisamment ses preuves pour pouvoir être appliqué en service courant et être proposé aux administrations de chemins de fer pour être généralisé;

2° Que le système américain résolvait complètement le problème, mais n'était pas compatible avec le maintien des tampons latéraux et nécessiterait un renforcement des châssis de wagons, qu'il était, dès lors, indispensable, avant de se prononcer sur son emploi, de demander aux administrations de chemins de fer d'étudier la question au point de vue technique et financier;

3° Qu'il n'y avait pas lieu, dans ces circonstances, d'arrêter un programme détaillé des conditions à remplir par un attelage automatique compatible avec le maintien des tampons latéraux, mais que, éventuellement, on pourrait adopter le programme joint à son avis.

Le 10 mai 1912, un arrêté ministériel établissait un concours entre les inventeurs d'attelages automatiques dont les systèmes n'avaient pas été essayés en grand, du moins sur les chemins de fer français; le concours devant être jugé, en prenant pour base d'appréciation le programme précité, par les membres d'une commission appelée à désigner les inventeurs qui lui paraîtraient mériter les prix institués par l'arrêté du 10 mai 1912.

Il résulte des indications précédentes que seuls peuvent être primés les systèmes d'attelage automatiques compatibles avec le maintien définitif des tampons latéraux.

En réalité, on peut distinguer cinq classes d'attelages :

a. Attelage actuel, exigeant l'introduction des agents entre les tampons;

b. Attelage non automatique, mais manœuvrable de l'extérieur;

c. Attelage automatique compatible avec le maintien des tampons latéraux;

d. Attelage automatique permettant pendant la période transitoire le maintien des tampons latéraux;

e. Attelage automatique incompatible avec le maintien des tampons latéraux ou système américain pur.

La commission a estimé que, aux termes de la mission qui lui a été donnée, seuls les appareils rentrant dans la classe (*c*) pouvaient être primés.

Il existe probablement un assez grand nombre d'appareils rentrant dans la classe (*d*). Très peu ont été présentés au concours et un seul d'entre eux (l'appareil Laycock) a paru mériter de retenir l'attention. La commission n'a pas admis qu'il pût concourir pour un prix; mais, en raison de la simplicité et de l'élégance de la solution, de son caractère pratique et des applications étendues qu'il a reçues en Angleterre elle a cru devoir le signaler.

M. Boirault a écrit à la commission qu'il ne s'était pas présenté au concours parce que l'administration supérieure lui a fait remarquer que le concours était précisément institué pour rechercher si des appareils autres que le sien pouvaient être soumis à des essais pratiques tels que ceux actuellement en cours sur les chemins de fer de l'État.

Étant donné le nombre considérable des inventions présentées au concours, la commission a estimé qu'aux trois prix prévus par l'arrêté ministériel devaient être ajoutées des mentions pour les dispositifs qui, tout en venant dans le classement général après les trois premiers, ont cependant un certain intérêt.

Elle tient d'ailleurs à préciser la portée qu'elle attache à ces désignations.

Les prix sont proposés pour les inventions qui satisfont le mieux au point de vue théorique aux conditions du programme arrêté par le ministre des travaux publics, et qui ne présentent pas au point de vue pratique de défauts majeurs, comme une extrême complication, des pièces par trop fragiles ou par trop délicates. Il faudrait bien se garder de conclure du fait qu'un appareil a été primé (prix ou mention) qu'il pourrait, sans essais préliminaires très complets aux ateliers, être mis en expériences sur des trains quels qu'ils soient.

Chaque dossier a été d'abord soumis à l'un des membres de la commission qui a donné un avis sommaire sur sa valeur. Une sous-commission de 12 membres a été chargée de faire une étude plus complète des appareils; elle a consacré à ce travail vingt longues séances. Elle s'est divisée en groupes de 2 à 3 membres. Chaque groupe a repris un certain nombre de dossiers avec le concours du premier rapporteur, quand cela a été possible, et a définitivement éliminé les inventions qui ne répondaient pas aux conditions du programme dans une mesure suffisante. Les autres dossiers ont été examinés de près puis soumis à la sous-commission, réunie en séance plénière, soit dans une salle du ministère, soit dans le local où se trouvait l'appareil examiné. Un certain nombre d'appareils ont été encore éliminés et les autres ont été classés approximativement par ordre de mérite. Il ne s'agissait du reste encore que d'un classement provisoire qui a été soumis à la commission tout entière. Il n'a pas paru possible de décider entre certains appareils de valeur à peu près équivalente, lequel était supérieur aux autres. En conséquence, la commission s'est bornée pour les appareils mentionnés à établir trois catégories et à inscrire dans chaque catégorie les inventeurs d'après l'ordre alphabétique.

La commission croit devoir déclarer que l'appareil auquel est attribué le premier prix est nettement supérieur à ceux qui ont obtenu les second et troisième prix. Elle ne propose, en dehors des trois prix, que huit mentions, mais elle se plaît à reconnaître que parmi les appareils présentés, il en existe un assez grand nombre qui, tout en ayant des défauts rendant leur réalisation pratique impossible, témoignent dans certains détails d'une remarquable ingéniosité.

Le tableau ci-après résume le travail de la commission.

Prix de 5000 fr. : Pavia Casalis.

Prix de 3000 fr. : Piédana.

Prix de 2000 fr. : Moyet et Bouvier.

Premières mentions : Jepson, Leduc et Lambert, Scharfenberg.

Deuxièmes mentions : Boucher frères, Vinzio.

Troisièmes mentions : Van Bonn, Joly (Jules), Poulet.

En dehors du concours : Laycock.

Le présent rapport et ses conclusions adoptés par la commission dans sa séance du 19 décembre 1912.

Le ministre des travaux publics, des postes et des télégraphes, sur le rapport du conseiller d'État, directeur des chemins de fer et du directeur du personnel et de la comptabilité,

Arrête :

Art. 1er. — Les trois prix de 5000 fr., 3000 fr. et 2000 fr., prévus par l'arrêté ministériel susvisé du 10 mai 1912, sont attribués aux inventeurs des systèmes d'attelage automatique ci-après désignés :

1er prix (5000 fr.) : Système Pavia-Casalis.

2e prix (3000 fr.) : Système Piédana (Henri).

3e prix (2000 fr.) : Système Moyet et Bouvier.

Art. 2. — Des mentions sont, en outre, accordées aux inventeurs des systèmes ci-après :

Premières mentions : Système Jepson (A.-B.-C. Coupler). Système Leduc et Lambert. Système Scharfenberg (Karl).

Deuxièmes mentions : Système Boucher frères. Système Vinzio (Charles).

Troisièmes mentions : Système Van Bonn. Système Joly (Jules). Système Poulet.

INFORMATIONS (*Suite*)

Les appareils électriques en Catalogne (Espagne). — M. D. Trétreau, consul suppléant de France à Barcelone, donne, dans un intéressant rapport sur la situation économique de la Catalogne en 1911, les renseignements suivants :

L'usage de l'électricité comme force motrice et comme éclairage tend à se généraliser de plus en plus dans les différentes industries catalanes. Ce mouvement de transformation s'accentuera encore dans les années qui vont suivre ; d'importantes sociétés se sont constituées en 1911 en vue de fournir aux usines de la région de Barcelone l'énergie électrique; elles se feront concurrence et l'abaissement du prix de vente qui en résultera facilitera le développement des applications industrielles de l'électricité.

L'Espagne ne fabrique pas elle-même, sauf quelques rares exceptions, les appareils et le matériel qui sont nécessaires pour l'emploi de la force électrique. Étant donné l'essor considérable qui semble réservé dans un avenir prochain aux industries électriques en Catalogne, il nous paraît intéressant de signaler aux industriels français les débouchés qu'ils pourraient essayer de trouver ici pour la vente de leurs appareils. Ils auraient évidemment des concurrents sérieux dans la personne des industriels allemands qui, à l'heure actuelle, occupent une situation prépondérante sur le marché de Barcelone.

Les Allemands ont, en effet, depuis longtemps compris le remarquable débouché que pouvait offrir l'Espagne aux industries électriques ; de puissantes maisons y envoient des ingénieurs, parlant bien l'espagnol et connaissant les usages commerciaux du pays, afin de faire connaître leurs produits et étudier le marché.

Si elles jugent que le mouvement d'affaires peut devenir suffisamment important, elles n'hésitent pas à établir des succursales. C'est ainsi que l'une de ces entreprises compte sept établissements en Espagne et que cette société a fourni, l'année dernière, environ 10 pour 100 du matériel électrique vendu dans la péninsule; une autre maison a récemment racheté une société espagnole et a établi dans le pays une usine de moteurs et d'appareils électriques qui semble appelée à un grand développement.

Les appareils livrés par l'industrie étrangère sont d'un prix peu élevé, ce qui, d'ailleurs, a été la cause de leur succès. Mais, on peut prévoir que les Espagnols se lasseront d'acheter des appareils, bon marché évidemment, mais peu résistants à l'usage.

Jusqu'à présent, les maisons françaises, sauf de rares exceptions, n'ont pas essayé de lutter contre leurs concurrents étrangers.

Nos industriels ont actuellement intérêt à se tenir au courant de l'essor que peut prendre l'industrie électrique en Espagne. N'ayant en face d'eux que des concurrents étrangers, c'est-à-dire dans les mêmes conditions, au point de vue de la protection douanière, ils peuvent chercher, grâce à la bonne qualité des appareils et du matériel qu'ils fabriquent, à se créer des débouchés sur le marché de la Catalogne.

SOCIÉTÉS

La Mutuelle Électrique du Haut-Jura. — Société anonyme à capital variable.

Siège social : Septmoncel (Jura).

Fondation : La société a été fondée par acte reçu en l'étude de Mᵉ Burdet, notaire à Septmoncel, le 7 juin 1903.

Objet : La société a pour objet : la création et l'exploitation de stations d'éclairage et de distribution d'énergie électrique dans les communes de Septmoncel, les Moussières, la Pesse, les Rouchoux et dans d'autres communes; la participation dans la création ou l'exploitation de toutes autres stations centrales; la création et l'exploitation de toutes autres stations d'industries et entreprises connexes : électro-chimie ou électro-métallurgie, et généralement toutes opérations commerciales, industrielles ou financières se rapportant aux objets indiqués ci-dessus.

Durée : la durée de la société a été fixée à 75 ans, à partir du 7 juillet 1903, sauf les cas de dissolution anticipée ou de prorogation prévus par les statuts.

Capital social : 227 800 francs, divisé en 2278 actions de 100 fr, pouvant être augmenté en une ou plusieurs fois, en vertu de décisions de l'assemblée générale des actionnaires.

Obligations : 40 000 francs, garantis par l'actif de la société et par des engagements individuels des administrateurs.

Convocations : l'assemblée générale se réunit de droit chaque année, au siège de la société, dans le courant du premier trimestre.

Elle se réunit, en outre, extraordinairement chaque fois que le conseil d'administration en reconnaît l'utilité, de même qu'elle peut être convoquée par les commissaires en cas d'urgence.

La présente insertion est faite en vue d'une émission de 600 actions nouvelles de 100 francs chacune, devant porter le capital social de 227 800 à 287 800 francs.

Établissements Mège. — Société française régulièrement constituée dont les statuts en date, à Paris, du 11 juin 1911, ont été déposés au rang des minutes de Mᵉ Sailly, notaire à Limoges, le 17 du même mois de juin.

Siège : à Limoges, 3, rue d'Isly.

Objet : Entreprises générales d'électricité spécialement à Limoges, Bergerac, le Dorat, Castres et Millau.

Durée : 50 ans.

Capital social : 170 000 francs, divisé en 340 actions de 500 fr, dont 180 d'apport entièrement libérées et 160 de numéraire libérées du quart; ce capital porté à 350 000 francs par la création de 360 nouvelles actions de 500 francs, libérables des trois quarts en souscrivant, par décision de l'assemblée générale extraordinaire tenue au siège social, le 30 septembre 1912, le dividente à distribuer aux nouvelles actions sera calculé au prorata du versement.

Titres : nominatifs.

Apport en nature de l'établissement commercial exploité par la société Mège et Cⁱᵉ, rémunéré par 28 000 francs en espèces et 180 actions libérées attribuées au fondateur apporteur.

Allocation annuelle aux administrateurs fixée par l'assemblée générale et minimum : 200 francs chacun.

Le conseil reçoit 10 pour 100 des bénéfices restant après prélèvement des réserves et amortissements et payement d'un dividende de 10 pour 100 au capital versé.

Les directeurs reçoivent 45 pour 100.

45 pour 100 sont distribués aux actionnaires avec faculté de report à nouveau.

Les assemblées sont convoquées par avis dans un journal du siège, 15 jours avant la réunion pour les assemblées ordinaires, et 8 jours pour les assemblées extraordinaires; lieu indiqué dans la convocation.

Force et Éclairage de la Somme. — Société anonyme française en formation. — Siège social : 31 et 33, rue Saint-Jacques, à Douai. — Durée : 40 années. — Objet : l'exploitation des concessions de distribution d'énergie électrique sous toutes les formes, sur les territoires des communes où la société pourra obtenir une concession dans le département de la Somme et les régions limitrophes.

Toute opération commerciale, financière, industrielle ou immobilière, pouvant se rattacher à ce qui précède, ainsi que la cession des concessions ou la location des exploitations.

Il est apporté par M. Alexandre Bugnot, ingénieur-électricien à Douai.

Et M. Henri Genet de Chatenay, propriétaire à Roost-Warendin :

1° Les bénéfices des conventions passées par eux avec la Société électrique du Nord pour la fourniture du courant électrique pendant une durée d'au moins 50 ans, ainsi que les bénéfices des promesses de concessions qu'ils ont obtenues de plusieurs communes;

2° Leurs études, plans, devis et travaux de toute nature, qui ont été faits jusqu'à ce jour en vue de l'exploitation qui fait l'objet de la présente société.

En rémunération de cet apport, il est attribué à MM. Bugnot et Genet de Chatenay 100 actions d'apport de 500 fr chacune, entièrement libérées, à répartir entre eux par moitié.

Et il leur est de plus attribué à chacun, par moitié, 500 parts de fondateur, sans détermination de valeur, qui donneront droit à une part de 20 pour 100 des bénéfices sociaux, tels qu'ils sont déterminés par l'article 32 des statuts.

Capital : 800000 francs, divisé en 1600 actions de 500 fr chacune, dont 100 actions d'apport entièrement libérées et 1500 à souscrire en numéraire et à libérer d'un quart en souscrivant, et le surplus aux époques indiquées par le conseil.

Après le prélèvement de la réserve légale, de la somme suffisante pour servir aux actionnaires un intérêt non cumulatif de 5 pour 100 sur le montant des sommes dont les actions sont libérées, il sera attribué 25 pour 100 aux administrateurs qui les répartiront entre eux, 55 pour 100 aux actionnaires et 20 pour 100 aux parts de fondateur.

Le conseil a droit, en outre, à des jetons de présence à fixer par l'assemblée.

Pas encore de bilan.

Les assemblées générales se tiennent au lieu désigné par le conseil d'administration. Convocations faites par avis inséré dans un journal d'annonces légales du département de la Somme, 15 jours à l'avance, sauf pour les assemblées constitutives dont les convocations pourront être faites dans un journal d'annonces légales du département du Nord

---

Énergie Électrique du Centre de l'Espagne. — Société anonyme française, siège social : 90, rue de la Victoire, Paris. Constituée le 12 juillet 1912 au capital de 1250000 fr, divisé en 5000 actions de 250 fr, actuellement libérées de 50 pour 100. (La publication préalable à la constitution a été faite dans le *Bulletin* du 24 juin 1912 auquel on se réfère.)

Par décision en date du 20 septembre 1912, prise en vertu de l'article 25 des statuts, le conseil d'administration a décidé la création de 3000000 francs d'obligations, représentés par 6000 titres au capital nominal de 500 francs l'un. Ces obligations rapporteront un intérêt annuel de 25 francs, payable net d'impôts existant au 20 septembre 1912, les 1er avril et 1er octobre de chaque année. Elles seront remboursables dans un délai de 35 ans, à partir de 1918 par voie de tirages au sort annuels suivant le tableau d'amortissement dressé, le premier remboursement devant avoir lieu le 1er avril 1918.

Elles sont garanties par l'ensemble de l'actif de la société qui n'est grevé d'aucune autre dette obligataire ou hypothécaire antérieure à celle-ci.

Pas de bilan, la société étant de formation récente.

Compagnie Électrique de la Loire et du Centre. (Antérieurement dénommée : Compagnie électrique de la Loire.) — Société anonyme française : siège social, 94, rue Saint-Lazare, Paris.

Le changement de dénomination a été décidé par l'assemblée du 25 novembre 1912, qui a ratifié l'absorption de l'Énergie électrique du Centre.

Des publications ont été faites sous le nom de la Compagnie électrique de la Loire dans le *Bulletin* en date des 6, 13 mai et 10 juin 1907, 30 novembre 1908, 22 mars et 5 juillet 1909, 11 mars, 28 octobre et 4 novembre 1912.

Le capital social a été porté à 22 millions de francs, par décision de l'assemblée du 25 novembre 1912; sur les 88000 actions de 250 fr, 58000 actions ont été attribuées à l'Energie électrique du Centre en rémunération de l'apport de tout son actif et son passif, et 20000 souscrites contre espèces, suivant vérification faite par la susdite assemblée; ces 58000 actions se divisent en 42000 actions, dont les 20000 souscrites en espèces, ayant acquis le droit à la totalité du dividende de l'exercice 1912-1913, moyennant le versement d'une soulte de 6,65 par action, et 10000 actions s'appliquant aux apports n'ayant droit qu'à 3/5 du susdit dividende. Toutes les actions seront assimilées après détachement du coupon relatif à l'exercice 1912-1913.

Compagnie du Gaz Électrique. — Société anonyme française. — Statuts déposés à Me Laurent, notaire à Paris, le 24 janvier 1912. — Objet : Exploitation du procédé d'allumage et d'extinction du gaz au moyen de l'électricité. — Siège : Billancourt, rue de la Ferme, 3. — Durée 50 ans.

Il est apporté à la société :

1° Les brevets, tant français qu'étrangers, pris par MM. Aubert frères;

2° Leur établissement industriel à Billancourt, 3, rue de la Ferme.

En rémunération de cet apport, il leur est attribué conjointement :

1° 6000 actions de 100 fr chacune entièrement libérées;

2° 25 pour 100 du produit net de la vente des brevets étrangers ou, en cas d'exploitation de ceux-ci, par une société filiale, 25 pour 100 des bénéfices à revenir à la Société du gaz électrique.

Capital : 1200000 francs divisé en 12000 actions de 100 fr chacune.

Après le prélèvement de la réserve légale et de l'intérêt à 5 pour 100 du capital, il est attribué 10 pour 100 du surplus au conseil en outre des jetons de présence dont l'assemblée fixe l'importance.

Les assemblées générales ont lieu au siège social.

Les convocations sont faites par un avis inséré dans un journal d'annonces légales de Paris, 15 jours au moins avant la réunion.

Il n'a pas encore été établi de bilan

L'Armoricaine Électrique. — Société anonyme française en formation. — Durée : 50 années. — Capital : 1 million de francs, divisé en 10000 actions de 100 francs à souscrire en numéraire et à libérer d'un quart à la souscription. — Objet : création, achat, exploitation d'usines électriques pour la force motrice et l'éclairage, notamment en Bretagne. Toute application de l'électricité à la force, l'éclairage, le chauffage et l'hydraulique. — Sur les bénéfices : 5 pour 100 à la réserve légale; premier dividende de 5 pour 100 au capital-actions; 15 pour 100 au conseil d'administration; 5 pour 100 du surplus au personnel. L'excédent sera réparti : 50 pour 100 aux actions, 50 pour 100 aux parts bénéficiaires. — Siège social : 2, rue Louvois, Paris.

Société Électrique d'Argent-sur-Sauldre (Cher). — Société anonyme française en formation. — Siège : Argent. — But : Éclairage électrique et force motrice. — Durée : 35 années. — Capital : 45000 fr, divisé en 400 actions de 100 fr à souscrire et 50 actions d'apport au fondateur. — Partage des bénéfices : 5 pour 100 réserve légale; 5 pour 100 amortissement; 5 pour 100 intérêt aux actions. Sur complément : 20 pour 100 à la gérance; 80 pour 100 aux actionnaires. — Assemblées constitutives convoquées 5 jours à l'avance par lettres individuelles. — Assemblées ordinaires et extraordinaires convoquées 15 jours à l'avance par voie de journaux.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. S. B., à Tolède. — Adressez-vous au siège social de la Société industrielle de T. S. F. et d'électricité, 37, rue du Mont-Thabor, à Paris.

M. V. T., à Cadix. — Vous trouverez des fils d'aluminium aux Tréfileries du Havre, Lazare Weiler, etc.; pour des fils très fins vous peuvez vous adresser à M. Régnier, 10, rue Victor-Cousin, à Paris.

M. D., à Levallois. — Les lampes à magnétite sont fabriquées aux États-Unis par la General Electric C°, à Shenectady.

M. N., à Paris. — Les dépôts électrolytiques de zinc sur du fer demandent un certain tour de main mais ne sont pas très difficiles à obtenir, vous pouvez vous adresser à la maison Pascalis, 5, rue Chapon à Paris. Pour ce qui concerne les dépôts d'aluminium la question est bien plus délicate; on est arrivé à certains résultats dans des laboratoires mais la pratique industrielle n'a encore sanctionné aucun procédé.

M. L., à V. — Pour calculer le débit de l'eau dans une conduite le mieux dans votre cas est d'appliquer le théorème de Bernouilli $v = \sqrt{2gh}$ ou $v = 4,43 \sqrt{h}$.

M. T., à Paris. — L'induction maxima dans le fer d'un transformateur ne doit pas être inférieure à 5000 pour ne pas trop augmenter les dimensions ni supérieure à 10000 pour ne pas influencer le rendement. Vous pouvez prendre 7000.

INFORMATIONS

Exploseurs pour mines. — Le Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes,

Vu le paragraphe 1er de l'article 217 du décret du 13 août 1911, portant règlement général sur l'exploitation des mines de combustibles, ledit paragraphe ainsi conçu :

« Dans les mines à grisou, il ne peut être fait usage que d'exploseurs d'un type agréé par le Ministre des Travaux publics »;

Vu les arrêtés en date des 25 février et 4 juillet 1912, agréant divers types d'exploseurs électriques;

Vu l'avis de la commission des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines;

Sur la proposition du directeur des mines,

Arrête :

Art. 1er. — Sont agréés pour être employés dans les mines grisouteuses, au même titre que ceux visés par les arrêtés des 25 février et 4 juillet 1912, les exploseurs électriques de la société L'Auxiliaire des mines et carrières, conformes aux types ci-après désignés, dont la description est annexée au présent arrêté :

I. Exploseur à magnéto pour deux mines;
II. Exploseurs à dynamo pour six mines;
III. Exploseurs à dynamo pour huit mines.

ANNEXE RELATIVE AUX EXPLOSEURS FAISANT L'OBJET DE L'ARRÊTÉ PRÉCÉDENT. — *Exploseurs électriques de la société L'Auxiliaire des mines et carrières.* — Les éléments caractéristiques de ces appareils sont les suivants :

I. *Exploseur à magnéto pour deux mines.* — Dimensions : hauteur, 90 mm; longueur, 100 mm; largeur, 60 mm.

Poids en ordre de marche : 1,285 kg.
Appareil générateur d'électricité : magnéto.
Nombre d'amorces pouvant être allumées : deux.
Mise en marche : par clef amovible.
Boite cylindrique en aluminium de section ovale.

II. *Exploseur à dynamo pour six mines.* — Dimensions : hauteur, 107 mm; longueur, 100 mm; largeur, 60 mm.
Poids en ordre de marche : 1,555 kg.
Appareil générateur d'électricité : dynamo.
Nombre d'amorces pouvant être allumées : six.
Mise en marche : par clef amovible.
Boite cylindrique en aluminium de section ovale.

III. *Exploseur à dynamo pour huit mines.* — Dimensions : hauteur, 120 mm; longueur, 140 mm; largeur, 120 mm.
Poids en ordre de marche : 3,080 kg.
Appareil générateur d'électricité : dynamo.
Nombre d'amorces pouvant être allumées : huit.
Mise en marche : par clef amovible.
Boite parallélipipédique en bois.

Contrôle des distributions d'énergie électrique. — Aux termes d'un arrêté du Ministre des Travaux publics, en date du 7 décembre 1912, des examens auront lieu le mercredi 23 juillet 1913, dans les villes qui seront désignées ultérieurement, pour l'obtention du certificat d'aptitude au contrôle des distributions municipales d'énergie électrique, dans les conditions fixées par l'arrêté du 27 décembre 1907.

Aux termes d'un autre arrêté en date du 7 décembre 1912, des examens auront lieu les 21 et 22 juillet 1913, dans les villes qui seront désignées ultérieurement, pour l'obtention du certificat d'aptitude au contrôle des chemins de fer d'intérêt local et des tramways, dans les conditions fixées par l'arrêté du 13 janvier 1908.

Pour être admis à subir les épreuves, les candidats doivent être Français et âgés de plus de vingt et un ans au 1er janvier 1913.

Toutes les demandes d'admission devront être adressées, sur papier timbré, avant le 15 juin 1913, au Ministre des Travaux publics, par l'intermédiaire du préfet du département où résident les candidats. Elles seront accompagnées :

1° D'une expédition authentique de l'acte de naissance du candidat et, s'il y a lieu, d'un certificat établissant qu'il possède la qualité de Français;

2° D'un certificat de moralité délivré par le maire du lieu de la résidence ou par le commissaire de police et dûment légalisé;

3° D'un extrait du casier judiciaire remontant à moins de six mois de date.

Les candidats appartenant déjà à une administration publique n'auront pas à produire ces pièces, mais leur demande d'admission devra être appuyée par leurs chefs hiérarchiques et contenir les indications suivantes :

Noms et prénoms (souligner le prénom donné habituellement).
Lieu et date de naissance.
Administration publique.
Qualité et grade.
Service, résidence et adresse exacte.

Dispenses des examens. — A la date du 27 décembre 1912, le Ministre de la Marine a décidé que les officiers diplômés de l'École supérieure d'électricité et qui désireront obtenir directement le brevet d'officier torpilleur, seront dispensés des examens portant sur l'électricité.

Aciéries de Firminy et Usines de Rioupéroux. — On a déjà annoncé la combinaison intervenue entre la Société des Aciéries de Firminy et les Usines de Rioupéroux.

Ces dernières usines, situées sur la Romanche, possèdent une chute de 20000 kw environ.

Les Aciéries de Firminy ont réalisé l'augmentation de capital de Rioupéroux, et vont aménager cette chute en partie pour leur propre service.

Il vient d'intervenir un accord extrêmement intéressant entre ces deux Sociétés et la Compagnie électrique de la Loire et du Centre. Celle-ci achète tout l'excédent de la force motrice disponible à l'Usine de Rioupéroux et se charge, de plus, de transporter, moyennant des conditions favorables pour elle et pour les Aciéries de Firminy, tout le courant dont celles-ci ont besoin, courant pris à Rioupéroux.

Les Aciéries de Firminy et Rioupéroux s'interdisent d'ailleurs toute distribution de force motrice par elles-mêmes; ce soin étant exclusivement réservé à la Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

Il est à noter que le transport d'énergie doit se faire sur une distance de 180 km qui séparent Rioupéroux de Firminy.

SOCIÉTÉS

Banque de l'Industrie Électrique. — Société anonyme française en voie de formation. — Siège social : 8, rue Émile-Gilbert, Paris. Objet : Toutes opérations financières, commerciales, industrielles, mobilières et immobilières, avec tous particuliers, États, départements, municipalités, sociétés, banquiers, administrations publiques ou privées.

Spécialement toutes souscriptions, soumissions, émissions, tous achats et ventes, tous placements de titres de rente, d'effets publics, d'actions, d'obligations ou autres titres de toutes sociétés industrielles, financières, civiles et commerciales, et particulièrement de celles qui se rattachent à l'industrie électrique. — Durée : 50 ans.

Capital social : 1 million de francs, divisé en 2000 actions de 500 fr chacune, à souscrire en numéraire.

Avantages : Il est créé 1000 parts de fondateur, sans valeur nominale, qui seront remises au fondateur.

Assemblées générales : au siège social.

Convocations faites par avis inséré dans un journal d'annonces légales de Paris.

Répartition des bénéfices : 5 pour 100 à la réserve légale; 5 pour 100 comme premier dividende au capital versé.

Sur le surplus : 15 pour 100 au conseil d'administration; 10 pour 100 à la direction; 25 pour 100 aux parts de fondateur; 50 pour 100 aux actionnaires, réserves et amortissements.

Société Électrique d'Auneau (Eure-et-Loir). — Société anonyme française en formation. — Durée : 40 années. — Objet : éclairage et force motrice par l'électricité. — Capital : 80 000 fr, divisé en 800 actions de 100 francs, dont 700 à souscrire et 100 actions d'apport. — Répartition des bénéfices : 5 pour 100 amortissement actions, 5 pour 100 intérêt aux actions; puis, sur complément : 20 pour 100 pour la gérance, 80 pour 100 aux actionnaires. — Assemblées constitutives : convoquées 5 jours à l'avance, par lettres. — Assemblées ordinaires et extraordinaires : convoquées 15 jours à l'avance par journaux.

Eaux et électricité de l'Indo Chine. — La Compagnie des Eaux et Électricité de l'Indo-Chine a été formée le 24 mars 1900 et définitivement constituée le 2 avril suivant.

Le capital social, tout d'abord fixé à 2 500 000 fr, a été porté successivement à 5 500 000 fr puis enfin au chiffre actuel, 7 500 000 fr, le 21 juillet 1909. En outre, 9000 obligations de 500 fr 4,5 pour 100, libérées et porteur, ont été créées les 6 juillet 1900 et 16 et 22 décembre 1903; actuellement, 2999 de ces titres ont été remboursés, le remboursement total devant être effectué au plus tard en 1921.

La Compagnie exploite en Indo-Chine les concessions de distribution d'eau et d'électricité de Saïgon, Cholon, Cantho et Mytho et la concession d'électricité de Pnom-Penh (Cambodge). La Société exécute, en outre, divers travaux publics pour le compte des municipalités. Fixée à l'origine à vingt-six ans, à dater du 2 avril 1900, la durée de la Société a été prorogée jusqu'au 2 avril 1956. La concession de Saïgon prendra fin en 1957, celle de Cholon en 1933 et celle de Pnom-Penh en 1925. La Société reçoit des annuités minima de 162 000 fr pour Saïgon jusqu'en 1917, de 280 000 fr pour Cholon jusqu'en 1920, de 365 000 fr pour Pnom-Penh jusqu'en 1925.

La marche de l'exploitation des concessions de cette Société a été normale pour l'exercice 1911-1912, et les recettes brutes ont été supérieures de 122 064,79 fr à celles de l'exercice précédent : 2 026 131,70 fr contre 1 904 066,91 fr pour 1910-1911. Les bénéfices nets ressortent à 730 770,63 fr contre 739 099,94 fr et le solde disponible à 732 622,99 contre 741 464,76 fr. Voici, comparés, les résultats des deux derniers exercices :

Charges.	1910-11.	1911-12.
Dépenses d'exploitation	919 647,30	1 050 171,27
Frais généraux de Paris	61 195,56	63 418,46
Différence de change	2 806,86	»
Intérêts des obligations	151 633,10	140 675,65
Amortissement des obligations	243 000,00	254 000,00
Amortissement des créances litiges et portefeuille	»	31 435,55
Amortissement sur frais d'installation du siège social	3 952,00	»
Total	1 382 732,82	1 539 700,93
Produits.		
Recettes d'exploitation	1 904 066,91	2 026 131,70
Bénéfices sur travaux neufs	188 243,72	196 832,09
Intérêts en compte	29 522,13	33 642,93
Différence de change	»	13 864,84
Total	2 121 832,76	2 270 471,56
Rappel des charges	1 382 732,82	1 539 709,93
Bénéfices nets	739 099,94	730 770,93
Reports précédents	2 364,82	1 852,36
Soldes disponibles	741 464,76	732 622,99

La répartition de ces soldes disponibles a été la suivante :

	1910-1911.	1911-1912.
Réserves légales	37 073,25	36 631,15
Intérêt de 5 pour 100 au capital-actions	285 000,00	285 000,00
Réserve statutaire	164 000,00	156 000,00
Tantième du conseil	25 539,15	25 499,20
Dividende complémentaire aux 11 400 actions	228 000,00	228 000,00
Report à nouveau	1 852,36	1 492,00
Totaux égaux	741 464,76	732 622,99

La moyenne annuelle des amortissements et des réserves, pendant les exercices qui ont précédé l'augmentation de capital, s'est élevée après cette opération, de 157 405 fr à 184 093 fr et les bénéfices ont plus que doublé. Cependant la Compagnie n'a pas encore entièrement recueilli le bénéfice de l'augmentation de capital rendu nécessaire par l'absorption de la « Société d'Électricité de Saïgon » et le rachat de la concession octroyée à cette Société pour l'éclairage de la ville. En effet, une partie du matériel électrogène de l'usine centrale de Choquan n'a pas donné les résultats attendus de sorte qu'il n'a pas été possible d'arrêter complètement les anciennes usines. Une transaction est intervenue avec les constructeurs, laquelle leur accorde un nouveau délai pour leur permettre de faire la mise au point des machines défectueuses et sauvegarder en même temps les intérêts de la Compagnie; toutes les mesures ont été prises pour que l'usine centrale soit au point, complète et en marche définitive au mois de juin prochain. Comme déjà nous l'avons fait ressortir, les exploitations tant des usines élévatoires que des usines électriques ont été normales, malgré les transformations

opérées dans les usines de Saïgon et de Cholon et les alternatives de marche et d'arrêt de l'usine centrale.

Voici les deux derniers bilans comparés au 30 juin :

Actif.

	1910-11.	1911-12.
Caisse	18 084,96	95 284,97
Valeurs en banque et en portef.	358 522,10	241 516,52
Mensualités échues	122 752,50	99 419,01
Annuités dues par les provinces	776 275,59	672 608,48
Comptes débiteurs	260 145,58	284 626,77
Compte de premier établissement	131 865,58	131 866,58
Usines anciennes	4 800 000,00	4 800 000,00
Nouvelles usines et concessions	4 960 755,70	6 511 565,58
Transformation de l'usine de Pnom-Penh	217 906,80	202 878,84
Immeubles, matériaux, outillage en magasin	1 855 981,65	1 099 144,95
Marchandises en cours de route	148 718,65	75 886,10
Mobilier Paris et usines	10 275,11	10 717,80
Prime de remboursement des obligations	455 896,00	419 186,00
Total	14 115 180,85	14 644 499,20

Passif.

	1910-11.	1911-12.
Capital-actions	5 700 000,00	5 700 000,00
Obligations	3 249 000,00	3 000 500,00
Réserves :		
Légale	179 840,18	216 913,42
Pour augmentation des usines et remplacement de gros matériel	121 620,00	151 620,00
De prévoyance et d'amortissement des actions	760 000,00	924 000,00
Prime sur actions nouvelles	960 000,00	960 000,00
Pour fluctuations du portefeuille	3 564,45	»
Amortissement des usines	1 179 584,00	1 396 574,00
Crédits divers	1 904 705,08	1 597 173,47
Coupons et obligations non réclamées	47 351,12	27 559,67
Provisions pour intérêt et amortissement des obligations	158 051,25	160 755,65
Profits et pertes	741 464,76	752 622,99
Total	14 115 180,85	14 644 499,20

Le bilan n'a pas subi de modifications bien sensibles depuis l'an dernier. Cependant, étant donné l'augmentation des immobilisations par suite des transformations importantes exécutées aux diverses usines, la trésorerie paraît assez étroite. Le fonds de roulement qui ressortait pour l'exercice 1910-1911 à 325 675 fr, n'est plus que de 44 628 fr. Cette situation ne peut toutefois être envisagée comme un élément défavorable, la Compagnie pouvant escompter dans un avenir peu éloigné une augmentation sensible de rendement avec un maintien à un niveau assez bas de son coefficient d'exploitation. De plus, elle semble n'avoir plus à fournir d'effort financier avant longtemps. Ses concessions d'eau et d'électricité prennent fin, il est vrai, de 1926 à 1937, mais il sera alors possible soit de les prolonger ou bien encore de songer à l'extension du champ d'exploitation. Quoi qu'il en soit, l'étroitesse de la trésorerie semble devoir mettre obstacle, pour quelque temps au moins, à une augmentation de dividende.

La houille blanche. — La France est l'une des nations les plus favorisées au point de vue de la « houille blanche ». On estime, d'après une statistique officielle, que la puissance totale en kilowatts des forces hydrauliques de la France, serait de 4 500 000 kw en étiage et de 9 à 10 millions en eaux moyennes, suivant les différents régions :

	En étiage.	En eau moyenne.
Alpes septentrionales (Haute-Savoie, Savoie, Isère, Hautes-Alpes)	1 000 000	2 000 000
Alpes (de la Drôme aux Alpes-Maritimes)	1 300 000	2 600 000
Massif Central, Vosges et Jura	900 000	1 800 000
Pyrénées et reste du territoire	1 400 000	2 800 000
Total	4 600 000	9 200 000

Cette puissance hydraulique est considérable; elle est en effet de beaucoup supérieure à la puissance totale des appareils à vapeur fonctionnant en France; celle-ci s'élevait en 1908 à 2 664 000 kilowatts.

La puissance globale des usines hydro-électriques atteint actuellement près de 600 000 kw, c'est-à-dire le dixième environ de la puissance disponible.

Voici la situation comparative de l'industrie hydro-électrique dans les principaux pays d'Europe :

	Puissance aménagée.	Ressources hydrauliques totales.
Italie	850 000	5 500 000
France	600 000	6 000 000
Autriche-Hongrie	515 000	6 000 000
Norvège	510 000	7 500 005
Suède	500 000	6 750 000
Allemagne	445 005	1 500 000
Suisse	380 000	2 000 000
Grande-Bretagne	80 000	1 000 000
Total	3 880 000	

Charbonnages du Nord et du Pas-de-Calais. — Extraction en 1911 et 1912 :

Compagnies	1911. Tonnes.	1912. Tonnes.	Différence Tonnes.
Lens	3 643 206	3 908 000	+ 264 794
Anzin	3 392 350	3 411 061	+ 18 711
Courrières	2 854 783	3 096 113	+ 241 330
Bruay	2 601 214	2 742 464	+ 141 252
Aniche	2 250 804	2 404 721	+ 155 937
Béthune	2 190 548	2 308 300	+ 118 800
Liévin	1 938 413	2 075 905	+ 137 492
Vicoigne-Nœux	1 924 214	2 032 622	+ 108 408
Marles	1 722 549	1 903 514	+ 180 995
Dourges	1 312 180	1 449 910	+ 137 700
Escarpelle	885 765	920 885	+ 35 120
Ostricourt	707 000	778 000	+ 71 000
Drocourt	529 000	619 480	+ 90 480
Meurchin	390 561	501 588	+ 1 027
Douchy	356 041	377 823	+ 21 782
Carvin	289 119	295 089	+ 5 970
Ferfay	220 313	238 816	+ 18 503
Ligny	183 199	202 306	+ 19 107
Thivencelles	185 285	198 316	+ 13 031
Flines	126 736	128 907	+ 2 171
Azincourt	92 958	103 581	+ 10 623
La Clarence	148 601	90 404	— 58 197
Crespin	55 021	65 213	+ 10 192

Différence totale en plus : 1 741 248 tonnes.

Depuis dix ans la production de nos charbonnages a augmenté en moyenne d'un million de tonnes par an; et cependant l'écart entre la production et la consommation ne cesse de s'accroître. Cet écart représente une vingtaine de millions de tonnes qu'il faut aller demander à l'étranger. Aussi, malgré les droits de douane qui frappent les charbons étrangers à leur entrée en France, les fluctuations de notre marché charbonnier dépendent fatalement de la situation des grands centres houillers européens. C'est ainsi que la grève qui arrêta, tout le mois de mars, la production des houillères anglaises, les suspensions partielles de travail qui troublèrent les districts miniers d'Allemagne et de Belgique, en raréfiant le combustible étranger permirent aux houillères françaises et étrangères d'écouler presque entièrement tous leurs stocks et ce fut le début de la hausse des prix des charbons en France. La hausse des frets ayant ensuite continué à restreindre les importations de charbon en France, tandis que l'activité de notre industrie métallurgique venait augmenter sensiblement nos besoins, nos charbonnages devinrent de moins en moins désireux de s'engager. D'autre part, avant de songer à exporter, l'Allemagne doit, malgré sa production formidable de houille, répondre d'abord aux besoins de ses usines; or, ceux-ci s'étaient tellement accrus que de gros contracts furent renouvelés par une hausse de 0,75 à 1 mark par tonne tandis que la vente libre se faisait en hausse de 1 mark 50 à 2 mark. Enfin, en Belgique, par suite de l'intensité de la demande industrielle, la hausse était à peu près

continue et, tout récemment encore, au 1er janvier dernier, les producteurs purent majorer leurs prix de 1,50 par tonne et cette hausse est à peine faite que déjà le disponible qui se raréfie de plus en plus, augmente encore ses prix.

Protection houillère de l'Allemagne. — La production houillère en Allemagne a été la suivante :

	HOUILLE TONNES.	LIGNITE TONNES.	COKE TONNES.	BRIQUETTES TONNES.	TOTAUX TONNES.
1906 . .	137 117 926	56 419 567	20 260 572	14 500 851	259 298 916
1907 . .	145 185 691	62 546 671	21 958 058	16 414 748	244 084 878
1908 . .	147 671 149	67 615 290	22 722 917	18 222 667	256 251 955
1909 . .	146 788 059	68 657 606	25 586 612	18 600 544	257 552 812
1910 . .	152 827 777	69 547 299	25 706 050	19 567 016	267 648 142
1911 . .	160 742 272	73 516 789	25 405 108	21 827 067	281 491 256
1912 . .	177 094 917	82 339 585	29 141 070	24 591 701	312 967 271

BIBLIOGRAPHIE

Canalisations d'éclairage, réglementation et jurisprudence relatives à l'occupation de la voie publique par des entreprises d'éclairage concurrentes, par A. Remaury. Un vol. de 210 pages. — *H. Dunod* et *E. Pinat*, éditeurs. — Prix : 6 francs.

Des conflits incessants se produisent journellement entre des Compagnies gazières et des Sociétés d'électricité. Les premières paraissaient, au jour de leur naissance, devoir jouir seules de la voie publique par la supériorité de leur éclairage à l'égard du réverbère ou du modeste quinquet. Mais, par suite des progrès de la science, elles ont été bien vite concurrencées par des inventions nouvelles, et la lumière électrique est venue, non sans succès, prendre place à côté de l'éclairage au gaz.

Dans quelle limite cette concurrence peut-elle s'établir? C'est le problème autour duquel la jurisprudence évolue depuis longtemps, avec des décisions souvent contradictoires en apparence que vient d'examiner M. A. Remaury en suivant cette évolution de la jurisprudence à la lumière des arrêts du Conseil d'État, et fixant la solution à peu près définitive qui s'en dégage.

Théorie et calcul des phénomènes électriques de transition et des oscillations, par Ch. Pr. Steinmetz, traduit par P. Bunet. Un vol. de 578 pages. — *H. Dunod* et *E. Pinat*. — Prix : 22 francs.

Le travail de M. le professeur Steinmetz doit son origine à un cours professé à l'« Union University ». Il renferme l'étude des phénomènes qui n'ont été que rarement traités dans les livres, mais qui ont acquis une telle importance que leur connaissance est nécessaire à tout ingénieur-électricien.

Lorsque des centaines de kilomètres de circuits à haute et moyenne tension, de lignes aériennes et de câbles souterrains se trouvent reliés, les phénomènes de capacité distribuée, les effets des courants de charge des lignes et des câbles commencent à prendre une telle importance qu'ils nécessitent une étude approfondie. Certains de ces phénomènes qui n'avaient qu'un pur intérêt scientifique, comme la distribution inégale du courant alternatif dans les conducteurs, la vitesse finie de propagation du champ électrique, etc., méritent maintenant un grand intérêt de la part de l'ingénieur-électricien, car ils se trouvent dans la résistance du rail de retour des chemins de fer monophasés, dans l'impédance effective opposée aux décharges de la foudre dont dépend la sécurité du réseau entier, etc.

La caractéristique de tous ces phénomènes est qu'il sont des fonctions transitoires de la variable indépendante, temps ou distance, c'est-à-dire qu'ils décroissent avec l'accroissement de la variable indépendante, d'une manière graduelle ou oscillatoire, depuis zéro jusqu'à l'infini, tandis que les fonctions représentant l'écoulement de régime d'énergie électrique sont des constantes ou des fonctions périodiques.

Tandis que les phénomènes des courants alternatifs sont représentés par la fonction périodique du temps, sinus et ses harmoniques, la plupart des phénomènes transitoires amènent à une fonction qui est le produit de termes exponentiels et trigonométriques pouvant être appelée une fonction oscillatoire avec ses harmoniques.

Une seconde variable, la distance, entre aussi dans certains phénomènes; tandis que la théorie du courant alternatif, phénomènes ou appareils, se traite ordinairement avec le temps comme seule variable indépendante que l'on peut éliminer par l'étude de la quantité complexe, l'auteur traite souvent dans ce volume des fonctions du temps et de la distance. Cela amène à considérer des fonctions alternatives et des fonctions transitoires de temps et de distance.

Les fonctions transitoires du temps sont étudiées dans la première section de cet ouvrage; dans la deuxième section, on traite les phénomènes transitoires périodiques qui ont pris une certaine importance industrielle dans les redresseurs, certains régulateurs, etc. La troisième section donne la théorie des phénomènes alternatifs en temps et transitoires en distance; la quatrième et dernière partie a trait aux phénomènes transitoires en temps et distance.

Agenda Dunod pour 1913 : *Electricite*, par J.-A. Montpellier. — *H. Dunod* et *E. Pinat*, éditeurs. — Prix net : 5 francs.

Le succès ininterrompu de cet agenda est largement justifié par les améliorations que son auteur y apporte chaque année. Il contient tout ce qu'il est essentiel de connaître sur les quantités et unités physiques, géométriques et mécaniques, sur les phénomènes magnétiques, électriques et électromagnétiques, thermiques et photométriques, sur la production de l'énergie électrique, sur les accumulateurs, les canalisations, l'éclairage électrique, etc. Inutile d'en faire l'éloge, ses nombreuses éditions le disent mieux que nous ne saurions le faire.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. M. P., à Nimes; S., à Cadix. — Les poulies-pompes que nous avons décrites sont construites chez M. Hamm, 25, rue de Ponthieu, à Paris.

M. T., à Paris. — L'enrouleur Leneveu a pour but d'augmenter considérablement l'angle d'enroulement d'une courroie sur une poulie au moyen d'un galet dont la pression est réglée par un contre-poids. On réalise ainsi des enroulements qui peuvent aller à 270° ou 300° et employer des courroies de largeur très réduites, par suite moins chères.

M. H., à Marseille. — La résistivité de la gutta-percha atteint pour la meilleure qualité 200 . 10^{12} ohms-cm; malheureusement c'est un produit de plus en plus rare aujourd'hui et le plus souvent falsifié par de l'huile de lin cuite.

M. B. à Lille. — Dans un moteur synchrone, lorsque le courant est en phase, il ne se produit pas de réaction d'induit; s'il est en retard, il augmente l'excitation. Le mieux est de tâcher de marcher avec une légère surexcitation de façon à ne pas prendre de courant magnétisant sur la ligne mais de tendre plutôt à lui en fournir.

M. D., à Perpignan. — Consultez notre dernières *Statistiques des stations centrales*, prix 4 fr., à nos bureaux.

M. H., à Lille. — On obtient par électrolyse du chlorure de sodium des solutions d'hypochlorite renfermant de 2 à 3 kg par kw-h dépensé.

INFORMATIONS

La T.S.F. en aéroplane. — De nouvelles expériences de T.S.F. en aéroplane ont été faites, le 13 février, au camp de Malpensa (Italie), en présence de M. le lieutenant-colonel Miani, envoyé par le général Caneva, du capitaine Andreani, et des autorités militaires italiennes.

Essais au camp de Malpensa — sur monoplan Nieuport (moteur Gnôme 80 HP).

Poste transmetteur, 220 watts.

Contrepoids unifilaire développé sur le monoplan.

Antenne, 40 mètres, câble cuivre 7 brins 7/10.

Poste récepteur muni d'un détecteur à galène : antenne unifilaire 25 mètres sur mât de 14 mètres.

Essais sur circuit Malpensa-Novara et retour : randonnée d'une demi-heure, distance 30 km environ.

Réception très intense pendant toute la durée du vol.

La distance ayant été jugée suffisante par la commission militaire italienne, des essais à plus grande distance n'ont pas été tentés.

La houille blanche. — Le Sénat examine en ce moment le problème de la houille blanche, à propos des usines hydrauliques établies sur les cours d'eau et canaux.

On sait que c'est grâce à la houille blanche que des industries nouvelles ont pu, depuis quelques années, être créées en France, à l'exemple de la Suisse et de l'Italie qui doivent leur industrie florissante à l'utilisation méthodique qu'elles ont su faire de la force motrice hydraulique.

Le projet de loi, voté en partie par le Sénat, après l'avoir été, sans débat, à la Chambre, en 1909, aura pour effet de fournir l'énergie électrique, à bon compte, aux petits artisans.

SOCIÉTÉS

Sud Électrique. — RAPPORT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION. — *Assemblée générale ordinaire du 19 décembre 1912.* — Messieurs, conformément à l'article 30 de nos statuts, nous vous avons réunis en assemblée générale ordinaire pour soumettre à votre approbation les comptes et le bilan de votre Société pour l'exercice 1911-1912.

Compte d'exploitation. — Nos recettes de vente de courant sont en augmentation notable sur celles de l'exercice précédent.

Elles se sont élevées à	1 784 878,53 fr.
Et sont, par suite, supérieures de 357 966,51 fr à celles de l'exercice 1910-1911 qui s'élevaient à 1 426 912,02 fr.	
A ces recettes de vente de courant, il y a lieu d'ajouter les recettes diverses dont le montant est de.	72 025,61
Nos recettes totales pour l'exercice 1911-1912 s'élèvent donc à	1 856 904,14
Elles sont supérieures de 374 920,18 fr à celles de l'exercice précédent qui s'élevaient à 1 481 983,95 fr.	
Nos dépenses ont été de	1 082 469,78
En augmentation de 117 977,89 fr sur les dépenses de l'exercice précédent.	
Il en résulte un bénéfice brut du compte d'exploitation de.	774 434,36 fr.
En augmentation de 256 942,29 fr sur le bénéfice de l'exercice précédent qui s'élevait 517 492,97 fr.	

Compte de profits et pertes. — Notre compte de profits et pertes se présente de la manière suivante :

Crédit.

Bénéfices d'exploitation	774 434,36	
Revenu du portefeuille	72 529,00	
Solde du compte Intérêts et divers. . .	2 308,75	
		849 272,11 fr.

Dont il y a lieu de déduire :

Débit.

Frais généraux d'administration	59 831,90	
Intérêts des obligations	533 157,85	
		592 989,75
Donnant pour le produit de l'exercice.		256 282,36 fr.

Nous en déduisons :

1° Pour la réserve d'amortissement par remboursement d'obligations une somme égale au montant des 12 obligations ancienne série remboursées, moins la prime d'amortissement.	5820	
2° Pour amortissement de la prime de remboursement correspondant aux 12 obligations remboursées	180	
		6 000,00
Le bénéfice de l'exercice ressort ainsi à.		250 282,36
Somme à laquelle nous devons ajouter le report de l'exercice précédent, soit.		13 864,83
Pour obtenir le solde disponible du compte de profits et pertes de		264 147,19
Le bénéfice de l'exercice est donc en augmentation sur celui de l'exercice précédent, de		236 417,53 fr.

L'amélioration réelle de cet exercice sur le précédent est encore supérieure à ce résultat. En effet, le compte de profits et pertes du dernier exercice avait profité, d'un bénéfice

exceptionnel sur portefeuille de 119499 fr; en outre, comme nous l'avons dit dans le rapport précédent, nous avions porté aux dépenses générales de premier établissement, une somme de 135040,50 fr, représentant les intérêts des dépenses afférentes aux travaux encore improductifs.

Or, pour l'exercice dont nous vous rendons compte, nous n'avons eu aucun bénéfice sur portefeuille. En outre, nous n'avons porté aucun intérêt sur les sommes consacrées aux travaux de premier établissement, qui se sont élevés cette année à 1088934,29 fr, et qui étaient encore pour la plus grande partie improductifs, à la fin de l'exercice. D'après l'article 41 de nos statuts, toutes les charges, intérêts et dépenses de toute nature afférents aux travaux encore improductifs doivent être jusqu'au moment de l'exploitation normale imputés au compte de premier établissement de chacun d'eux. Votre Conseil, néanmoins, tout en réservant complètement la question de principe, a préféré laisser supporter cette année par votre compte de profits et pertes la partie des charges correspondant à ces travaux improductifs. Nous sommes persuadés que vous approuverez cette manière de faire.

Nous vous proposons de répartir le solde disponible du compte de profits et pertes de.		264 147,19 fr.
De la façon suivante :		
Pour amortir le compte mobilier et outillage moins 1 fr.	102 187,09	
Pour constituer une réserve générale pour amortissements	50 000,00	
		152 187,09
Ces 50000 francs ainsi mis en réserve pour amortissements, resteraient, pour cette année, sans affectation spéciale.		
Le solde, soit.		111 960,10 fr.
Serait reporté à nouveau.		

Exploitation. — Nous allons, comme les années précédentes, vous donner des renseignements sur la marche technique et commerciale de notre Société.

L'exploitation technique de nos réseaux a été assurée dans des conditions normales. La presque totalité de notre courant nous a encore été fournie par l'Énergie électrique du Littoral Méditerranéen et par la Société des Forces motrices de la Vis. En effet, notre contrat avec la Société d'Électricité de la Vallée du Rhône qui doit fournir à notre sous-station de Bollène le courant destiné à notre exploitation dans le Nord de Vaucluse, n'a pas encore pu recevoir son exécution par suite de circonstances indépendantes de notre Société.

Le nombre total de kilowatts-heures livrés au réseau s'est élevé à 19199916 contre 13155158 kw-h pour l'exercice précédent, soit une augmentation de 6044758 kw-h. Cette augmentation est la plus forte que nous ayons encore eu à enregistrer.

Notre développement commercial s'est poursuivi avec activité pendant toute la durée de l'exercice.

Nous avons obtenu 24 nouvelles concessions contre 11 dans l'exercice précédent, savoir : dans les Bouches-du-Rhône : Châteaurenard; dans le Gard : Canaules, Combas, Fons, Gajan, Meynes, Montfaucon, Montignargues, Montpezat, Moussac, Mus, Sauzet, Saint Bauzély, Saint-Chaptes, Saint-Geniès-de-Comolas, Saint-Geniès-de-Malgoires, Saint-Hippolyte-du-Fort, Saint-Jean-de-Serres, Saint-Laurent-des-Arbres, Saint-Mamert; dans le Vaucluse : Malemort, Mazan; dans la Drôme : Le Bouchet, Rochegude.

Nous avons mis en service, 22 concessions nouvelles savoir : dans les Bouches-du-Rhône : Châteaurenard, Le Sambuc; dans le Gard : Fons, Gajan, Langlade, Lédignan, Meynes, Montignargues, Montpezat, Mus, Sauzet, Saint-Bauzély, Saint-Geniès-de-Malgoires, Saint-Mamert; dans l'Hérault : Beaulieu, Jacou; dans le Vaucluse : Lapalud, Mazan, Mondragon, Sainte-Cécile, Vacqueyras; dans la Drôme : Rochegude.

Au 30 juin 1911, nous exploitions directement 106 concessions. Ce nombre s'élève actuellement à 128.

Le nombre de communes que nous alimentions indirectement était au 31 juin 1911 de 13, parmi lesquelles les trois grandes villes d'Avignon, Montpellier et Nimes. Ce nombre s'est accru de 7 et s'élève actuellement à 20.

Nous avons, en effet, commencé à livrer le courant aux concessionnaires de Remoulins, Saint-Bonnet et Sernhac, dans le Gard; Clapiers, Lattes et Pérols, dans l'Hérault; Bedarrides dans le Vaucluse.

Le nombre total des communes que nous alimentons directement ou indirectement au 30 juin 1912 s'élève donc à 148 en augmentation de 29 sur le nombre correspondant à la fin de l'exercice précédent.

La population totale agglomérée desservie est passée ainsi de 346207 à 367039 habitants, en augmentation de 20832 habitants.

La longueur de nos lignes primaires comprenant des lignes à 3000, 5000, 13500 et 30000 volts est passée de 712 à 854 km en augmentation de 142 km; celle de nos lignes secondaires est passée de 311 à 347 km, en augmentation de 36 km.

L'ensemble des lignes nous appartenant est donc passé de 1023 à 1201 km en augmentation de 178 km qui ont été construits pendant le cours de l'exercice par le personnel de notre exploitation.

En ajoutant à ce total les lignes haute tension appartenant à la Société des Forces motrices de la Vis, mais dont nous assurons l'exploitation, nous voyons que notre Société exploite actuellement 1295 km de lignes dont 948 km haute tension et 347 km basse tension.

Le nombre de postes de transformateurs est passé de 256 à 296 et leur puissance de 5881 à 6657 kv-A, soit pendant l'exercice, une augmentation de 40 transformateurs d'une puissance de 776 kv-A.

Si nous y ajoutons la puissance des transformateurs de nos sous-stations, nous arrivons à une puissance totale installée de transformateurs de 10589 contre 9231 kw-A, pour l'exercice précédent.

Notre clientèle a suivi une progression encore plus grande que celle que nous avions signalée l'année dernière. Nous vous la résumons dans les tableaux ci-dessous :

VARIATION DU NOMBRE DE POLICES DESSERVIES (PARTICULIERS)

	Éclairage.		Force motrice.	
	Nombre.	Augmentation.	Nombre.	Augmentation.
Au 30 juin 1909 . .	4072	»	340	»
Au 30 juin 1910 . .	4991	919	527	187
Au 30 juin 1911 . .	6834	1843	776	249
Au 30 juin 1912 . .	8591	1557	1051	275

VARIATION DU NOMBRE DE LAMPES A INCANDESCENCE DESSERVIES DIRECTEMENT (PARTICULIERS)

	Nombre.	Augmentation.
Au 30 juin 1909.	36 709	»
Au 30 juin 1910.	42 812	6 103
Au 30 juin 1911.	54 735	14 923
Au 30 juin 1912.	70 019	12 284

VARIATION DU NOMBRE ET DE LA PUISSANCE DES MOTEURS BRANCHÉS (PARTICULIERS)

	Nombre.	Augmentation.	Puissance en chevaux.	Augmentation.
Au 30 juin 1909.	395	»	2497	»
Au 30 juin 1910.	594	199	2976	479
Au 30 juin 1911.	849	255	4017	1041
Au 30 juin 1912.	1170	321	6196	2179

VARIATION DE L'ÉCLAIRAGE ET DE LA FORCE MOTRICE (MUNICIPALITÉS)

	Éclairage.		Force motrice.			
	Nombre de lampes.	Augmentation.	Nombre de moteurs.	Augmentation.	Puissance des moteurs en chevaux.	Augmentation.
Au 30 juin 1909. . . .	4163	»	12	»	149	»
Au 30 juin 1910. . . .	4797	634	13	1	151	2
Au 30 juin 1911. . . .	6247	1450	18	5	182	31
Au 30 juin 1912. . . .	7368	1121	26	8	298	116

La suite page 215.

Si nous ajoutons à ces chiffres le total des lampes et des moteurs qui sont installés dans les villes d'Avignon, Montpellier et Nîmes, et dans les 15 autres concessions auxquelles nous vendons l'énergie en gros, nous constatons qu'au 30 juin 1912, notre Société desservait environ 188000 lampes à incandescence et 2521 moteurs d'une puissance de 7358 chevaux, soit une puissance totale d'environ 15197 kw.

Pendant le cours de l'exercice, nous avons commencé à desservir la Compagnie des tramways de Nimes par l'intermédiaire de la Société Nimoise d'éclairage et de force motrice par l'électricité.

Nous fournissons donc maintenant le courant aux trois grandes Compagnies de tramways de la région, savoir ; les tramways d'Avignon, Montpellier et Nimes.

L'usine élévatoire des eaux du Rhône que nous avons construite à Comps, pour la ville de Nimes, a été inaugurée officiellement au mois de mars dernier.

Nous avons commencé à livrer le courant, pendant le cours de cet exercice, à la Société Étienne frères dans son importante papeterie de Trinquetaille.

Enfin, nous avons mis en service en Camargue nos premiers abonnés de force motrice pour l'élévation des eaux, l'irrigation des terres et toutes les applications de l'électricité à l'agriculture. Nous ne doutons pas que les résultats obtenus ne nous amènent rapidement l'augmentation de cette clientèle.

Portefeuille. — La marche de la Société Avignonnaise d'électricité et de la Société Nîmoise d'éclairage et de force motrice par l'électricité, dans lesquelles nous avons de gros intérêts, continue de nous donner toute satisfaction.

Pendant son dernier exercice les recettes de la Société Avignonnaise d'électricité se sont élevées à 208565,64 fr contre 181581,90 fr pour l'exercice précédent. Le bénéfice a atteint 60697,09 fr contre 54115 fr. Le dividende a été maintenu à 5 pour 100 et le solde porté aux réserves.

Cette Société a augmenté son capital de 300000 fr et l'a porté ainsi de 500000 fr à 800000 fr par la création et émission au pair de 3000 actions de 100 francs chacune à souscrire et à libérer contre espèces.

Les recettes de la Société Nimoise se sont élevées en 1911 à 552365 fr contre 489176,29 fr pour l'année précédente. Le bénéfice net a atteint 156715,55 fr contre 120350,15 fr pour l'année 1910.

Le dividende a été porté de 6 à 6 et demi pour 100 absorbant 65000 fr. Des réserves importantes ont été faites.

Le revenu total de notre portefeuille s'est ainsi élevé à 72529 fr contre 67782,95 fr pour l'exercice précédent.

Bilan. — MM. les Commissaires des comptes vous donneront, comme les années précédentes, dans leur rapport, des explications sur les différents chapitres du bilan que nous soumettons à votre approbation et qui est d'ailleurs présenté dans une forme identique à celui de l'année précédente.

Nous vous signalons que nos dépenses générales de premier établissement sont en augmentation de 1088984,29 fr représentant les travaux de lignes, réseaux et postes, dont la plus grande partie n'a été mise en service qu'après la clôture de l'exercice.

Le compte Forces motrices de la Vis est en augmentation de 156000 fr sur l'exercice précédent. Nous vous rappelons que nous avons placé sous ce titre l'ensemble des frais occasionnés par l'acquisition de la presque totalité des actions de cette Société.

Par suite du roulement établi entre vos administrateurs, le mandat de MM. Cahen et Halfon vient à expiration. Nous vous demandons de vouloir bien le leur renouveler.

Nous vous rappelons que vous avez à nommer des Commissaires des comptes pour l'exercice 1912-1913 et à fixer leur rémunération.

Nous vous donnerons lecture du compte rendu spécial prévu par la loi du 24 juillet 1867 relatif aux traités et opérations passées avec des sociétés et des établissements ayant avec la nôtre des administrateurs ou des membres communs.

Nous vous prions de nous en donner acte et de nous renouveler, pour l'exercice en cours, les autorisations prévues par la loi de 1867.

BILAN AU 30 JUIN 1912

Actif.

Frais de constitution et d'augmentation du capital	293 622,65 fr.
Dépenses générales de premier établissement (concessions, usines, réseaux, etc.)	17 352 743,64
Forces motrices de la Vis	1 719 428,75
Mobilier et outillage	102 188,09
Compteurs et installations en location	358 751,90
Approvisionnements	368 301,34
Portefeuille	1 264 700,00
Caisses et banques	409 761,43
Debiteurs divers et effets à recevoir	462 626,77
Cautionnements	37 950,00
Prime de remboursement des obligations	520 070,00
Droits de transmission à recouvrer	38 954,10
Total de l'actif	22 929 078,97 fr.

Passif.

Capital :		
39500 actions de priorité de 250 fr chacune	9 875 000	
4500 actions ordinaires de 250 fr chacune	1 125 000	
		11 000 000,00 fr.
Obligations (ancienne série) :		
1362 obligations de 500 fr émises	681 000	
A déduire 24 obligations amorties	12 000	
1338 obligations en circulation		669 000,00
Obligations 5 pour 100 :		
20000 obligations de 500 fr		10 000 000,00
Réserve d'amortissement par remboursement d'obligations		11 640,00
Fournisseurs et créanciers divers		829 182,57
Effets à payer		80 316,75
Coupons d'obligations échus		74 792,46
Compte de profits et pertes :		
Profits et pertes reportés	13 864,83	
Profits et pertes de l'exercice	250 282,36	
		264 147,19
Total du passif		22 929 078,97 fr.

COMPTE D'EXPLOITATION

Débit.

Dépenses d'exploitation	1 021 173,58 fr.
Contributions, assurances, redevances et frais de Contrôle	61 296,20
Bénéfices d'exploitation	774 434,36
Total	1 856 904,14 fr.

Crédit.

Recettes de vente de courant	1 784 878,53 fr.
Recettes diverses	72 025,61
Total	1 856 904,14 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Débit.

Frais généraux d'administration	59 831,90 fr.
Intérêt des obligations	533 157,85
Amortissement de 12 obligations ancienne série	6 000,00
Balance pour bénéfices :	
Report de l'exercice précédent	13 864,83
Bénéfice de l'exercice	250 282,36
Total	863 136,94 fr.

Crédit.

Report de l'exercice 1910-1911	13 864,83 fr.
Bénéfices d'exploitation	774 434,36
Revenu du portefeuille	72 529,00
Solde du compte intérêt et divers	2 308,75
Reste	863,136,94 fr.

RÉSOLUTIONS. — *Première Résolution.* — L'Assemblée générale approuve dans toutes leurs parties le rapport du Conseil d'administration ainsi que les comptes de l'exercice clos le 30 juin 1912, tels qu'ils viennent d'être présentés et détaillés.

Elle arrête, en conséquence, à la somme de 264147,19 fr le solde créditeur disponible du compte de profits et pertes.

Deuxième Résolution. — L'Assemblée générale décide d'employer le solde du compte de profits et pertes, soit 264147,19 fr de la façon suivante :

Amortissement du compte mobilier et outillage. . .	102 187,09 fr.
Réserve générale pour amortissements	50 000,00
Elle décide en outre de reporter à nouveau le solde soit.	111 960,10
Reste	264 147,19 fr.

Troisième Résolution. — L'Assemblée générale renomme administrateurs, pour une durée de six années, MM. Henri Cahen et Salomon Halfon dont le mandat venait à expiration.

Quatrième Résolution. — L'Assemblée générale nomme commissaires des comptes pour l'exercice 1911-1913, MM. Marcel Ballot et Noël Mutinot avec stipulation qu'en cas de décès, empêchement ou démission de l'un d'eux, il n'y a pas lieu de pourvoir à son remplacement.

Elle fixe à 500 francs la rémunération de chacun d'eux.

Cinquième Résolution. — L'Assemblée générale donne acte au Conseil du compte rendu spécial qui a été fait des opérations effectuées pendant l'exercice 1911-1912, entre le Sud-Électrique et les sociétés ayant avec lui des administrateurs ou des membres communs. Elle approuve les dites opérations et donne aux administrateurs, pour l'exercice 1912-1913, les autorisations prévues à l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867.

Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan. — Pour faire un civet, prenez un lièvre, dit le manuel du parfait cuisinier, ce que le traité de la mauvaise cuisinière traduit par : prenez un chat ! (1).

De même pour faire un transport d'énergie, prenez une force motrice la meilleure possible, dont les chevaux ne soient pas des poneys. Une Société aux desseins aventureux s'était portée concessionnaire de la source du Cernon dans la forêt qui domine Chapareillan. La Société générale d'Électricité — c'était son nom — se proposait, avec cette modeste source d'énergie, non seulement d'éclairer électriquement Chambéry et sa région, mais encore de desservir une usine pour la production de carbure de calcium. La source du Cernon ne manque pas d'intérêt comme force d'appoint, mais elle est tout à fait insuffisante pour faire le fond d'une exploitation. Aussi, au bout de peu de temps, l'inévitable arrivait : la Société générale, en face de l'impossibilité de tenir ses engagements, était mise en faillite et ses biens vendus à la barre du Tribunal de Lyon. Ces biens comprenaient entre autres la chute du Cernon aménagée sous 612 mètres; c'était alors la plus haute de France.

Un groupe grenoblois s'était porté acquéreur; mais au préalable, il s'était assuré la possession d'une chute sur le Bréda, à Bretonnières près de Pontcharra. C'est l'origine de la Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan. La Société possède les usines hydro-électriques du Cernon et de Pontcharra; une station de turbo-alternateurs a été aménagée à l'usine de Pontcharra, l'énergie dont elle dispose est cependant insuffisante pour desservir les villes et les communes où elle est privilégiée et elle est obligée de recourir à des fournitures qui lui sont livrées par les usines Girod d'Ugine, pour le service d'Albertville et dans la vallée de l'Arly.

Le capital, tout entier, actions et obligations, a été garanti et placé par la banque Charpenay.

L'évolution de la Société suit, depuis l'origine, une marche ascendante que le tableau ci-dessous fait ressortir. La progression n'est point interrompue : elle appelle une augmentation des facultés productives que le Conseil d'administration a d'ailleurs envisagée depuis plusieurs années. La Société s'est assurée la possession d'une force importante sur le Bens, non loin d'Allevard. L'énergie de cette force dépasse, pour le moment du moins, les facultés d'emploi de la Société du Haut-Grésivaudan ; ce n'est point là un obstacle absolu à la mise en service de la chute, il suffirait en effet qu'une autre entreprise de distribution eût l'emploi d'une partie de l'énergie pour que l'entreprise devînt avantageuse. Nous souhaitons, quant à nous, que cette circonstance se produise, car elle donnerait à la Société une souplesse d'exploitation correspondant à sa souplesse financière.

(1) *Houille blanche*, février 1913.

Le tableau que voici résume les résultats enregistrés.

Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan (Créée en 1898).

Capital social : 2 000 000 francs.

Emprunts : 1899, obligations 4,25 pour 100, 1 000 000 francs.

Emprunts : 1910, obligations 5 pour 100, 2 000 000 francs.

Objet : distribution de l'énergie électrique (éclairage et forces motrices) aux villes et communes suivantes : En Savoie : Chambéry, les Marches, Arlin, Cruet, Saint-Jean-de-la-Porte, Saint-Pierre-d'Albigny, la Rochette, Myans, Saint-Jeoire-Prieuré, Challes-les-Eaux, Saint-Alban-Leysse, Bassens, Saint-Badolph, Barberaz, la Ravoire, Cognin, Bissy, la Motte-Servolex, Montmélian, Francin, Albertville, Vimines, le Bourget, Saint-Cassin, Laissaud, Arvillard. En Isère : Pontcharra, Bernin, Crolles, Lumbin, la Terrasse, le Touvet.

Années.	Pour 100.	Dividendes.	Réserves.	Amortissements.
1899	3	30 000	1 381,15	2 730,00
1900	»	»	1 722,50	»
1901	»	»	871,82	50 629,42
1902	3	30 000	10 055,35	29 452,26
1903	5	60 000	10 000,00	25 744,01
1904	5	60 000	13 684,22	82 755,55
1905	5,40	64 800	9 459,40	99 928,69
1906	6	72 000	34 031,77	100 622,50
1907	7	112 000	6 212,99	108 674,00
1908	7	112 000	27 285,60	109 000,00
1909	7	140 000	7 616,63	101 000,00
1910	7	140 000	28 820,40	78 500,00
1911	7,50	150 000	18 859,15	113 000,00
Total.		970 800	170 000,90	921 994,45

Dividendes.	970 800,00
Réserves.	170 000,00
Amortissements	921 994,43
	2 062 795,33

Au prix de 650 francs, leur cours moyen de l'année, les actions de cette Société se capitalisent actuellement à 5,50 pour 100, rendement sensiblement supérieur à celui des valeurs similaires cotées aux Bourses de Paris et de Lyon.

Les obligations s'échangent, les 5 pour 100 aux environs du pair, les 4,25 pour 100 vers 475 francs.

BIBLIOGRAPHIE

Manuel pratique de l'ouvrier électricien-mécanicien. Adaptation française de l'ouvrage allemand de Ernst Schulz, avec nombreuses additions, par J.-A. Montpellier, rédacteur en chef de l'*Électricien*. Un vol. de 324 pages, avec 175 figures. — *H. Dunod* et *Pinat*, éditeurs. — Prix : 6 francs.

La clarté avec laquelle M. Schulz a exposé, dans son livre, le fonctionnement des dynamos, des alternateurs, des transformateurs, des commutatrices et des convertisseurs, ainsi que celui des moteurs à courant continu et à courants alternatifs, a engagé M. Montpellier à publier une adaptation française de ce remarquable travail.

M. Montpellier a conservé les méthodes très simples d'exposition adoptées par l'auteur tout en les adaptant aux usages français. En outre, il a complété chacun des chapitres de l'édition allemande par des additions d'ordre essentiellement pratique, de manière à constituer un manuel élémentaire à la portée des ouvriers qui ont, non seulement à conduire et à réparer des machines électriques, mais qui doivent encore en connaître parfaitement le fonctionnement.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boîte aux Lettres étant publiée dans le numéro du* **10** *de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le* 30 *du mois précédent.*

Société X., à Cadix. — Le procédé de transformation de courant triphasé en courant alternatif de fréquence triple signalé dans un de nos derniers numéros a été décrit par M Spinelli dans un article fort documenté de notre confrère *The Electrician* (1, 2 et 3 Salisbury Court, Fleet Street, London). — Jusqu'à présent ce procédé ne semble pas avoir reçu de nombreuses applications, l'auteur de l'article pourra vous dire s'il en existe en Angleterre.

M. T., à Paris. — Il y a quatre catégories d'amortisseurs de choc : 1° ceux dans lesquels l'amortissement est obtenu par élasticité directe de la matière employée tels que le caoutchouc ou les ressorts supplémentaires; 2° les amortisseurs à frottement; 3° les appareils hydrauliques; 4° les appareils pneumatiques. Les plus simples sont les premiers, les anciennes voitures Mercédès en étaient pourvues et s'en sont fort bien trouvées.

M. B., à Lyon. — La Société industrielle de Mulhouse a fait sur des turbines à vapeur des essais intéressants à la fois par leur exactitude et leur indépendance, elle est arrivée à relever des consommations de 7,96 kg de vapeur par kw-h de charge utile.

Capitaine R. B., à Bucarest. — La Société industrielle de T.S.F., 38, rue du Mont-Thabor, vient de construire pour la Suisse un poste transmetteur avec moteur pesant moins de 80 kg pour bât de charge transporté par mulet.

INFORMATIONS

Société internationale des électriciens. — Congrès des Ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France, du 21 au 24 mai 1913 — *Mercredi, 21 mai.* — Matinée : 9 heures, séance d'ouverture au Conservatoire des Arts et Métiers. — Groupe A 1, discussion sur la traction électrique. — Groupe A 2, visite des collections du Conservatoire.

Après-midi : Groupe A 3, 14 heures, départ de l'Hôtel Continental en autobus de la Compagnie générale des omnibus. Visite des usines électriques de l'Électricité de Saint-Denis et du Triphasé, à Asnières. — Groupe A 4, 14 heures, départ du pont Sully en bateau pour Saint-Cloud. Visite de la manufacture de porcelaine de Sèvres. Thé. — 19 h. 1/2, banquet au Palais d'Orsay, offert à l'Institution of Electrical Engineers. Réception. Séance de projections par M. Gaumont (tenue de soirée).

Jeudi 22 mai. — Matinée : Groupe B 1, 9 heures, séance au Conservatoire des Arts et Métiers. Conférence de M. Highfield sur les longs transports à courant continu haute tension. Conférence de M. Maurice Leblanc sur les longs transports en courant triphasé haute tension. Discussion. — Groupe libre, 9 h. 30, visite du Louvre (Réunion à l'Hôtel Continental). — Groupe libre, 9 h. 30, visite de la Conciergerie, de Notre-Dame et de la Sainte-Chapelle (Réunion à la Conciergerie). — Groupe libre, 9 h. 30, divers, magasins, etc. (Réunion à l'Hôtel Continental). — Groupe B 2, 10 heures, visite du laboratoire aérodynamique de M. Eiffel, à Auteuil, sous la direction de M. Eiffel (Réunion au laboratoire de M. Eiffel, 67, rue Boileau).

Après-midi : Groupe B 3, 14 h. 30, réception par M. Eiffel au dernier étage de sa tour (Réunion au bas de la tour). Visite des Invalides. — Groupe B 4, visite des installations électriques du Métropolitain, du Nord-Sud et de la Compagnie des omnibus. (Le lieu de la réunion sera indiqué ultérieurement).

Vendredi, 23 mai. — Matinée : Groupe C 1, 9 heures, séance au Conservatoire des Arts et Métiers. Suite de la discussion sur la traction électrique. — Groupe libre, 9 h. 30, visite du Louvre (Réunion à l'Hôtel Continental). — Groupe libre, 9 h. 30, visite du Panthéon, du Luxembourg et du musée de Cluny (Réunion au Panthéon). — Groupe libre, 9 h 30, visite de la Conciergerie, de Notre-Dame et de la Sainte-Chapelle (Réunion à la Conciergerie). — Groupe libre, 9 h. 30, divers, magasins, etc. (Réunion à l'Hôtel Continental).

Après-midi : Groupe C 2, 13 h. 30, excursion à Chantilly par train spécial (Réunion à la gare du Nord). Visite du château et du musée Condé. Thé servi par l'hôtel du Grand Condé.

Samedi, 24 mai. — Matinée : Groupe D 1, 9 heures, séance au Conservatoire des Arts et Métiers. Conférence de M. Claude sur les tubes luminescents. Conférence de M. le commandant Ferrié sur la télégraphie sans fil. Communication sur les installations téléphoniques de Londres. — Groupe libre, 9 h. 30, visite du Louvre (Réunion à l'Hôtel Continental). — Groupe libre, 9 h. 30, visite du Panthéon, du Luxembourg et du musée de Cluny (Réunion au Panthéon.) — Groupe libre, 9 h. 30, divers, magasins, etc. (Réunion à l'Hôtel Continental).

Après-midi : Groupe D 2, 13 h. 30, départ de l'Hôtel Continental. Excursion à Versailles en autobus par Châtillon et Villacoublay. Visite des palais et du parc. Thé à Trianon-Palace. — 17 heures, visite de l'aérodrome de Buc. Vols d'aéroplanes. — 18 h. 30, réunion à la gare de Versailles (rive gauche). Visite des nouvelles voitures électriques de l'Ouest-État, sous la direction de M. Mazen, ingénieur en chef des services électriques, et de M. Foucault, chef du service de l'Exploitation électrique. — Retour à Paris-Invalides par train électrique spécial.

N.-B. — Les 21, 22, 23 et 24 mai, une permanence sera ouverte à l'Hôtel Continental, de 8 heures du matin à 6 heures du soir, où les congressistes trouveront tous les renseignements dont ils auront besoin.

Contrôle des distributions d'énergie électrique. — Par arrêté du 14 avril 1913, l'organisation du service du contrôle des distributions d'énergie électrique dans le département de la Haute-Vienne, précédemment réglée par arrêté du 25 mars 1908, a été modifiée ainsi qu'il suit, en ce qui concerne le contrôle de l'exploitation technique, savoir :

Ingénieurs. — M. Hachon, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées à Limoges;

M. Huot, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées à Limoges.

Agents du contrôle. — M. Dufal, sous-ingénieur des ponts et chaussées à Limoges;

M. Léonet, conducteur des ponts et chaussées à Limoges;

M. Denoueix, conducteur des ponts et chausséees à Limoges;

M. Martin, agent voyer cantonal à Limoges;

M. Bazannery, sous-ingénieur des ponts et chaussées à Bellac;

M. Ducros, conducteur des ponts et chaussées à Saint-Mathieu;

M. Bonnin, conducteur des ponts et chaussées à Eymoutiers;

M. Cedras, agent voyer cantonal à Saint-Sulpice-les-Feuilles.

Chute de 1650 mètres. — Une installation hydraulico-électrique sous une chute de 1650 m n'existait pas jusqu'à présent et dans les milieux techniques on ne croyait guère une telle installation possible.

M. A. Boucher, ingénieur à Lausanne, d'après les plans de qui plusieurs autres installations de chutes relativement

élevées ont été exécutées, s'est proposé, en sa qualité d'administrateur-délégué de la Société d'Électro-chimie à Paris, de transformer, par une installation de turbines, en énergie électrique les forces motrices hydrauliques du lac de Fully, situé aux environs de Martigny, dans le canton du Valais; cette installation aura une chute d'une hauteur telle qu'il n'en a pas encore été utilisée jusqu'à présent, c'est-à-dire 1650 m de hauteur de chute. L'exécution de ce projet a été décidée, entre temps l'adjudication des fournitures a eu lieu et les travaux sont déjà commencés.

Dans cette installation il est évident que la question d'exécution de la conduite, qui dans sa partie inférieure devra résister à une pression s'élevant jusqu'à 165 kg : cm², offre un intérêt spécial.

La conduite, d'une longueur de 4,5 kilomètres, formée de tuyaux de 600 et 500 mm de diamètre de 6 à 45 mm d'épaisseur de métal, sera composée dans sa section supérieure de tuyaux en acier soudés au gaz à l'eau, d'après le procédé connu qu'on emploie généralement pour la fabrication de tuyaux pour conduites de turbines; pour la section inférieure, qui aura à supporter la haute pression pour laquelle des tuyaux soudés n'offriraient pas une résistance mécanique suffisante, on emploiera des tuyaux sans soudures. Les tubes sans soudures sont pris dans un bloc d'acier au moyen de fortes presses à étirer; ils peuvent être fournis en tous les diamètres et offrent, par suite de leur parfaite homogénéité, la plus grande sécurité désirable, surtout pour une installation comme celle qui nous occupe.

Les turbines de 10 000 kilowatts seront construites par la maison de construction bien connue de MM. Piccard, Pictet et Cie, à Genève, tandis que les tuyaux de la conduite seront fournis par les usines de MM. Thyssen et Cie, qui possèdent à Mülheim-sur-Ruhr des aciéries et laminoirs pour la fabrication de tôles, tubes, etc. Jusqu'à présent c'était la chute de Vouvry (Suisse) qui détenait le record de la hauteur avec 950 mètres, lequel vient d'être battu par l'installateur lui-même de l'usine de Vouvry, M. Boucher, un spécialiste en la matière.

SOCIÉTÉS

Secteur électrique de la ville d'Asnières. — *Assemblée générale ordinaire du 3 avril 1913.* — RAPPORT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION. — Messieurs, La marche de l'Exploitation d'Asnières, au cours de l'exercice 1912, a été satisfaisante à tous égards.

Le nombre de polices en service, qui était de 1368 au 1er janvier 1912 pour 33744 lampes, est passé à 1760 au 1er janvier 1913 pour 43026 lampes, ce qui représente une augmentation de 392 abonnés pour 9282 lampes.

Les recettes brutes qui, dans l'exercice précédent, s'étaient élevées à 232849,95 fr, ont atteint, pour l'année dernière, 310301,65 fr, soit une augmentation de 77451,70 fr.

Il est intéressant de noter que cette progression du nombre des abonnés, et par conséquent des recettes, se produit d'une façon régulière et continue et que chaque mois de l'année 1912 s'est montré en amélioration sur le mois correspondant de l'année précédente.

Cette régularité dans les augmentations permet de bien augurer de l'avenir.

En dehors des travaux normaux d'entretien des lignes, de nombreux et importants travaux nouveaux ont été exécutés, tant pour les branchements des abonnés nouveaux que pour l'installation de nouvelles cabines de transformation, l'extension des lignes et notamment le bouclage du réseau de haute tension qui assure une sécurité plus grande à notre exploitation.

Nos rapports avec l'administration municipale et avec les abonnés sont excellents.

Le personnel d'Asnières qui, en toutes circonstances, fait preuve du plus grand dévouement aux intérêts de la Société, est parfaitement à la hauteur de sa tâche et mérite tous nos éloges.

Malgré une augmentation de 33 pour 100 de notre chiffre d'affaires, nous avons pu réduire, dans une certaine mesure, les frais généraux d'administration sans faire porter, bien entendu, cette diminution sur le personnel employés et ouvriers.

Enfin, Messieurs, le Conseil d'Administration, interprétant dans le sens le plus désintéressé l'article 49 de nos statuts qui fixe la répartition des bénéfices, a décidé d'abandonner cette année son droit à un tantième des bénéfices et cette part ira grossir le chiffre des réserves que nous comptons vous proposer.

Nous allons vous donner lecture du bilan et du compte de profits et pertes pour l'exercice clos le 31 décembre dernier.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1911

Actif.

Caisse et Banques		79 895,10 fr.
Débiteurs :		
Dépôts et consignations	905,35	
Abonnés	45 492,75	
Société Française d'entreprises électriques	158 554,69	
Débiteurs litigieux	55 000,00	
		259 952,79
Cautionnements et loyers d'avance		45 992,35
Timbre et enregistrement		10 842,75
Caisse de retraites		10 000,00
Frais de constitution, études, rachat, installation	406 290,90	
Marchandises générales et compteurs en service	117 069,60	
Branchements, lignes, cabines	874 922,68	
Bâtiments	60 493,20	
Matériel, mobilier, outillage	3 674,59	
		1 462 441,97
		1 869 124,96

Passif.

Capital		1 500 000,00
Cautionnements clients		56 605,00
Réserves pour amortissements		90 367,36
Créditeurs divers :		
Administrateurs	2 720,00	
Fournisseurs	21 102,35	
		23 822,35
Provision pour débiteurs litigieux		55 000,00
Bénéfices		143 330,25
		1 869 124,96

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Redevance à la ville d'Asnières sur recettes brutes		4 565,40
Frais généraux :		
Loyer	3 759,45	
Appointements	33 821,00	
Dépenses diverses	11 266,04	
		48 846,49
Entretien et main-d'œuvre		15 108,10
		68 519,99
Bénéfices		143 330,25
		211 850,24
Intérêts, escomptes et divers		4 046,14
Courant électrique		167 905,40
Location de compteurs		23 813,45
Location de branchements		16 085,25
		211 850,24 fr.

Ces comptes sont très simples et appellent peu de commentaires.

Les comptes Entreprises électriques et Débiteurs litigieux sont un héritage de l'Administration qui nous a précédés et des explications détaillées vous en ont été fournies à la dernière assemblée générale. Sur le premier de ces comptes, il y a peu d'espoir de faire rentrer une somme importante. Nous croyons qu'à la répartition de l'actif de cette Société, il ne sera attribué qu'un dividende minime. Le second poste trouve sa contre-partie au passif par la provision de 55 000 fr que nous avons fait établir.

La suite page 219.

Le compte Timbre et Enregistrement sera, en grande partie, compensé par la retenue de l'impôt qui sera faite sur le second coupon du dividende de l'année.

Pas d'observations sur les autres parties de l'actif.

Au passif, le compte Réserves pour amortissements que vous avez décidé de constituer à l'Assemblée générale de juin dernier, sera grossi cette année de la partie des bénéfices que nous vous proposerons d'y porter.

Le compte Créditeurs divers est constitué pour 21 102,35 fr par les sommes dues aux fournisseurs, et pour 2720 fr pour des appointements et jetons de présence dus aux administrateurs, dont 2320 fr à nos prédécesseurs et 400 fr au Conseil actuel.

Le solde de 143330,25 fr, qui constitue la balance du compte de profits et pertes, représente le bénéfice net de l'exercice. Nous devons affecter au fonds de réserve légale 5 pour 100 du bénéfice net, soit 7 166,51 fr.

Reste disponible : 136 143,74 fr.

Nous vous proposons de prélever sur ces bénéfices une somme de 75000 fr pour permettre la distribution d'un dividende de 5 pour 100, de porter au compte « Réserves pour amortissements » une somme de 54632,64 fr, ce qui portera ce compte à 145000 fr et de reporter à nouveau le solde, soit 6531,10. Il est évident que si l'on peut faire annuellement, comme nous l'espérons, un prélèvement aussi important sur les bénéfices tout en prévoyant une augmentation du dividende, notre Société se trouvera, au terme de notre concession, en présence d'une situation tout à fait satisfaisante, qui permettra de rembourser le capital avec une prime intéressante.

En vertu de la faculté qui lui est accordée par l'article 50 des statuts, et en présence d'une situation bénéficiaire qui a été révélée par l'établissement des comptes de l'exercice, le Conseil a décidé la mise en paiement, à partir du 1er mars, d'un acompte de 2,50 fr sur le dividende de l'année.

Nous vous demanderons de fixer à 5 fr brut le montant de ce dividende et, afin de ménager notre trésorerie, de porter au mois de juin prochain le paiement du solde de ce dividende.

M. Dupuy-Dutemps a cru devoir donner, pour des raisons toutes personnelles, sa démission d'administrateur de notre Société. Nous avons fait choix, pour le remplacer, de M. Giraud. M. Giraud habite Asnières. Ses relations et son influence personnelle dans cette localité ne pourront qu'être utiles à notre affaire.

Nous vous demanderons de donner à M. Dupuy-Dutemps quitus de sa gestion pour la période du présent exercice où il a rempli les fonctions d'administrateur et d'approuver et ratifier la nomination de M. Giraud. Sur la demande qu'il nous en a adressée, nous vous proposons de donner quitus de sa gestion à M. Bauer, l'un de vos anciens administrateurs, qui a donné sa démission le 17 février 1912.

Nous vous proposons également de renouveler à M. Hory son mandat de Commissaire des Comptes en lui adjoignant M. Fœrderer comme Commissaire suppléant et de fixer à 500 fr pour l'exercice 1913 la rémunération du Commissaire qui en aura rempli les fonctions.

Résolutions. — *Première résolution.* — L'Assemblée générale approuve les Comptes et Bilan de l'Exercice 1912, tels qu'ils sont présentés, ainsi que l'affectation des bénéfices telle qu'elle est proposée dans le Rapport du Conseil d'Administration ; en conséquence, elle décide :

1° La mise à la réserve légale de	7 166,51 fr.
2° L'affectation au compte de réserves pour amortissements de.	54 632,64
3° L'emploi à la distribution d'un dividende de 5 pour 100 brut aux actions d'une somme de.	75 000,00
(Un acompte de 2,50 fr nets par action ayant été distribué à partir du 1er mars 1913, contre remise du coupon n° 1, le solde du dividende, soit 2,50 fr, sera payable le 15 juin 1913, sous déduction des impôts, contre remise du coupon n° 2.)	
4° Le report à nouveau de	6 531,10
Total.	143 330,25 fr.

Cette résolution est adoptée à l'unanimité moins les voix de quatre actionnaires porteurs de soixante-quinze actions.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale accepte la démission de M. Dupuy-Dutemps comme administrateur et ratifie la nomination de M. J.-B. Giraud comme administrateur qui a été effectuée par le Conseil d'administration au cours de l'exercice 1912, en remplacement de M. Dupuy-Dutemps.

Conformément à l'article 21 des statuts, M. Giraud demeurera en fonction pendant le temps qui reste à courir du mandat de M. Dupuy-Dutemps.

Cette résolution est adoptée à l'unanimité.

Troisième résolution. — L'Assemblée générale donne quitus aux Administrateurs en fonction au 31 décembre 1912 pour leur gestion pendant l'exercice clôturé à cette date.

Cette résolution est adoptée à l'unanimité moins les voix de trois actionnaires porteurs de soixante-cinq actions.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale donne également quitus aux Administrateurs qui ont cessé leurs fonctions au cours de l'exercice 1912, mais sous réserves des recours éventuels de la Société à raison de différentes instances en restitution et en revendication d'actions et du recouvrement de sa créance contre la liquidation de la Société des Entreprises électriques.

A une grande majorité, cette résolution n'est pas adoptée.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale nomme M. Hory commissaire des Comptes pour l'exercice 1913, en lui adjoignant M. Fœrderer comme commissaire suppléant, et fixe à 500 fr la rémunération du commissaire qui rédigera le rapport.

Cette résolution est adoptée à l'unanimité.

Société hydro-électrique de Fure et Morge et de Vizille. — Les premières vallées industrielles de l'Isère — du Dauphiné même, car l'industrie y était pratiquée avant la division de la France en départements — sont les vallées de la Fure, de la Morge, de l'Ainan, du Guiers : Voiron a devancé Grenoble dans la carrière industrielle, car l'énergie des petites rivières de la région nord-ouest de Grenoble s'est prêtée de bonne heure aux conceptions des hydrauliciens.

Malgré la régularisation partielle de la Fure par les réserves du lac de Paladru, les forces modestes satisfaisaient de façon très insuffisante les usines desservies ; aussi, en 1899, sur l'initiative de M. Emile Kléber, les industriels des vallées de la Fure et de la Morge constituèrent un Syndicat en vue de se procurer de l'energie électrique qui devait les dispenser de recourir à leurs machines à vapeur.

Le Syndicat fut créé par les industriels qui devaient utiliser la force, chacun d'eux souscrivant un nombre de parts proportionnel à l'énergie dont il avait l'emploi.

Les travaux d'aménagement de la force sur le Drac, à Champ, commencés en mai 1899, sous la direction de M. Charles Lépine, directeur général de la Société, étaient achevés en octobre 1901. A cette date, la distribution de courant entrait en activité et s'appliquait à 57 usines.

Le progrès résultant de cette répartition d'énergie était grandement apprécié des industriels associés. Cependant, le Drac, torrent capricieux, présente d'inévitables basses eaux, particulièrement à l'époque des grands froids. Le Syndicat de Fure et Morge corrigea cet inconvénient en s'annexant, en 1906, la Société hydro-électrique de Vizille, dont la chute du Pont-de-Loula bénéficiait de la régularisation par le grand lac de Laffrey. Elle faisait mieux, peu de temps après, en acquérant le lac de Petit-Chat, qui dessert l'usine de Jouchy. En 1908, le Syndicat se transformait en Société anonyme ; l'exploitation s'était développée grâce à l'accroissement des facultés de génération d'énergie. Elle était à tel point étendue qu'il devenait utile de la seconder par un groupe thermique indépendant. Cette mesure de haute sécurité fut réalisée par l'établissement, dans l'usine de Champ, d'un turbo-alternateur de 2700 chevaux, type Zoelly-Lahmeyer.

La Société dispose ainsi de trois usines hydro-électriques :

Champ, Jouchy et le Pont-de-Loula, et d'une station thermique. En outre, elle a loué toute l'énergie de la force du canal du Beaumont à Lavaldens. Cette station présente un avantage spécial, en ce sens que les eaux du canal d'arrosage sont disponibles l'hiver, au moment où les torrents sont au plus bas; la station intervient ainsi pour fortifier le service d'énergie.

Actuellement, la Société répartit son courant à plus de cent usines emplacées dans un rayon de 50 kilomètres au nord-ouest de Grenoble. Elle alimente les tramways de Grenoble à Vizille et à Lancey par l'intermédiaire de deux stations de convertisseurs : à Vizille et à la Galochère. Son réseau primaire, à 26 000 volts, se développe sur plus de 2 0 kilomètres. Le réseau secondaire est peu étendu, car les lignes passent à proximité des centres usiniers, et la Société ne fait pas de distribution de détail.

L'exploitation est des plus prospères. Il suffit, du reste, pour en saisir l'économie, de jeter le regard sur le tableau ci-dessous qui la résume depuis l'origine.

Société hydro-électrique de Fure et Morge et de Vizille (Créée en 1899).

Capital social : 3 764 500 francs.

Emprunts : 1901, obligations de 300 fr à 4 pour 100, 660 000 fr.

Emprunts : 1905-12, obligations de 500 fr à 5 pour 100, 5 120 000 francs.

Objet : distribution de l'énergie électrique (éclairage et force motrice) dans le département de l'Isère et les départements environnants.

Principales communes éclairées : la Mure, la Motte-d'Aveillans, Notre-Dame-de-Vaulx, Saint-Jean-de-Vaulx, Brié-et-Angonnes, Champ, Jarrie, Vaulnaveys, Claix, Varces, Pont-de-Claix, Saint-Jean-de-Moirans, Rives, Charavines, etc.

Année.	Pour 100.	Dividendes.	Réserves.	Amortissements.
1902	3	60 000,00	20 000,00	38 0 0,00
1903	5	120 000,00	20 000,00	79 000,00
1904	5	130 000,00	20 000,00	98 712,90
1905	5	156 250,00	20 000,00	71 704,14
1906	5	156 250 00	20 000,00	110 120,86
1907	5	156 250,00	20 000,00	165 000,00
1908	5	156 250,00	20 000,00	161 400,00
1909	5	156 250,00	20 000,00	210 600,00
1910	5,50	207 047,50	13 511,60	115 800,00
1911	5,50	207 047,50	12 056,96	122 300,00
Total. . . .		1 505 244,00	185 568,56	1 182 637,90

Dividendes	1 505 244,00
Réserves	185 568,58
Amortissements	1 182 637,90
	2 873 450,46

Au prix de 475 francs, cours moyen de 1912, les actions de cette Société se capitalisent à 5,70 pour 100. Les obligations 5 pour 100 varient de 495 à 510 francs.

BIBLIOGRAPHIE

Sur les effets physiologiques des courants électriques, par le Dr G. Weiss. Un vol. de 86 pages, avec 26 planches. — *Gauthier-Villars*, éditeur. — Prix 5 fr.

Parmi les divers accidents qui peuvent se produire, celui qui est dû à l'électricité industrielle mérite une place à part par sa fréquence et par le drame secondaire qui l'accompagne parfois. Les courants dangereux ne sont pas encore assez répandus et surtout la population ne les connaît pas depuis assez longtemps pour savoir à quel point ils sont redoutables. Un conducteur transmettant un courant de tension relativement élevée ne diffère pas assez de l'innocent fil télégraphique pour inspirer tout le respect qui lui est dû. On ne voit pas le danger, et si un imprudent s'y laisse prendre, il ne se présente pas toujours un accident bref et rapidement terminé; c'est souvent alors que la victime est vivante que la partie la plus angoissante de la scène va se dérouler; il n'y a pas d'exemple qu'il se produise un accident quelconque sans que de généreux sauveteurs interviennent au péril de leur vie, et dans le cas d'accident électrique, l'intervention est particulièrement dangereuse : on ne compte plus les cas où, après une première victime, un, deux ou trois sauveteurs se font prendre à leur tour. Et ces faits se multiplient de plus en plus, à mesure que les réseaux s'étendent à tout le territoire, le long des voies de communications et dans les plus petites bourgades, en même temps que les tensions s'élèvent et que, par suite, le danger augmente. On conçoit que le ministre des Travaux publics ait jugé nécessaire de reviser les anciens règlements sur les secours à donner aux victimes et sur les précautions à prendre par les sauveteurs pour ne pas accroître le désastre. Une Commission a été nommée, ce livre a pour but d'exposer, en les motivant, les conclusions auxquelles elle est arrivée.

Les canalisations isolées, par M. J. Grosselin. Un vol. de 96 pages. — *Gauthier-Villars*, éditeur. — Prix : 3,75 fr.

Dans une série de conférences qu'il fait chaque année à l'École supérieure d'électricité, M. Grosselin montre ce que sont les canalisations isolées et les conditions techniques qu'il est utile d'imposer pour leur réception. Un traité sur la matière serait naturellement fort volumineux, aussi dans le cadre restreint de ses conférences, M. Grosselin n'a pu développer qu'un petit nombre de questions. Du reste, il suffit de mettre les ingénieurs en mesure de résoudre tel ou tel problème en leur exposant le principe de la solution. C'est ce qu'a cherché à faire M. Grosselin dans ce volume en évitant les considérations d'ordre purement théorique qui sont du domaine de l'électrotechnique et en précisant par des chiffres tirés de la pratique les ordres de grandeur des quantités dont il a besoin.

Mesures électriques, par E. Falguières. *École Breguet*, éditeur.

Professeur depuis de nombreuses années du cours de Mesures électriques à l'École Breguet, M. Falguières a cherché à inculquer de tout temps à ses élèves des notions pratiques et des définitions exactes. Son cours, qui vient d'être publié, est extrêmement clair et bien compris, le lecteur y trouvera les descriptions détaillées des appareils les plus répandus ainsi que la façon pratique de procéder pour les utiliser.

Illustré de nombreuses gravures admirablement dessinées et de schémas nettement tracés, cet ouvrage sera apprécié de tous ceux que leurs occupations obligent à manipuler des appareils de mesures électriques; ils pourront en quelques heures se familiariser avec leur emploi et aborder des mesures réputées comme difficiles.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — ***La Boîte aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.***

A. B., à la Corogne. — La Société de T. S. F., 38, rue du Mont-Thabor, à Paris, vient de publier un catalogue illustré d'un certain nombre de ses appareils. Vous n'avez qu'à vous adresser à elle pour les renseignements complémentaires.

M. T., à Sisteron. — Au sujet des droits de riveraineté, l'article 644 est formel : « Celui dont la propriété borde une eau courante autre que celle qui est déclarée dépendance du domaine public peut s'en servir à son passage pour l'irrigation de ses propriétés. »

M. H., à Bordeaux. — Les courroies en coton sont employées pour les grandes puissances et les grandes vitesses, l'épaisseur se compte par *plis* de 1,2 mm chacun, 4 plis remplacent le cuir simple, 6 plis le cuir fort, 8 plis le cuir double, etc. La contrainte de la courroie correspond 0,25 kg : mm², soit le vingtième de la contrainte à la rupture.

M. M., à Paris. — La couverture de coton des fils augmente le poids des fils nus de 200 gr par kg pour les fils de moins de 0,1 mm de diamètre et de 25 gr par kg seulement pour les fils de 6 mm de diamètre.

M. S., à Mansera (Espagne). — Il vous suffira d'adopter des compteurs à prépaiement, qui se construisent très couramment aujourd'hui ; les constructeurs vous les régleront pour marcher dans les conditions qui vous intéressent.

M. S., à Paris. — A notre connaissence, la lampe Hélion n'a pas encore été mise sur le marché, en France du moins.

LÉGISLATION

Quelques considérations et déductions sur le commentaire donné à la loi du 29 novembre 1904, modifiée par le décret du 2 juin 1911, par M. le ministre du Travail, le 28 février 1913.

M. le ministre du Travail, en réponse à une demande de renseignements complémentaires adressée par M. le président de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, indique que, après avis du comité consultatif des Arts et Manufactures, « l'éclairage de secours doit fonctionner en même temps que l'éclairage permanent ; qu'il n'y a pas lieu d'admettre l'allumage automatique ; que l'éclairage de secours doit être constitué par des sources lumineuses indépendantes, telles que des lampes spéciales à huile grasse, ou par un second éclairage électrique alimenté par des canalisations extérieures, et dont la prise de courant soit placée de telle sorte qu'elle ne soit pas mise hors service par un incendie se déclarant dans l'établissement ; enfin les lampes.... »

Les commentaires et les explications de ces textes indiquent immédiatement la ligne de conduite qui sera donnée aux inspecteurs du travail, en vue de l'application de ce nouveau décret, dont l'application n'a sans doute pas encore été faite.

Elle nous suggère quelques réflexions, que nous soumettons volontiers à la communauté des utilisants du courant électrique, la nombreuse clientèle des secteurs et centrales.

L'éclairage de secours *doit fonctionner en même temps que l'éclairage permanent.*

Cette obligation de créer un circuit spécial de secours constitue une heureuse innovation que certainement maintes grandes maisons avaient déjà appliquée, elle représente un réel progrès dans l'hygiène ouvrière, par suite des améliorations qu'elle procure.

Toutefois, l'obligation de fonctionnement simultané des deux circuits, par son application, soulève de grosses difficultés.

Nous n'insisterons pas pour l'instant sur le plus ou moins d'importance que peut prendre, pour certains utilisants, la dépense que peut occasionner annuellement cette nouvelle charge. C'est un fait acquis, mais qui n'effraiera pas l'industriel comme précisément la réalisation même de cette réglementation.

Pour donner satisfaction à ce texte, une première solution se présente : l'adoption de lampes à huile grasse, comme l'indique le texte, ou de lampes à pétrole, ou même à alcool. Ces lampes seront toujours d'un entretien coûteux, une sujétion ennuyeuse, et ne donnent pas toujours la sécurité qu'on leur prête, car elles peuvent parfaitement se trouver au moment du besoin dans un état d'entretien plutôt médiocre. Elles donnent, pour la plupart, un pouvoir éclairant moindre, et vacillant, facilement éteint. La présence de ces engins dans les salles d'atelier sera même pour un certain nombre une source de dangers d'incendie, qui amènera fatalement une augmentation de primes d'assurances.

Ceux donc qui recourront à ce procédé seront ceux que l'obligation mettra dans la nécessité de suivre la loi, alors que leur importance, ou leurs moyens financiers ne leur permettent pas les solutions plus élégantes, plus rationnelles et moins coûteuses, pour certains points, mais d'installation bien plus élevée.

Ceux qui sont désireux de rester dans le progrès et de ne pas réintégrer le pétrole, avec ses redoutables conséquences rechercheront la solution dans un circuit « extérieur », comme le dit la circulaire.

L'idée paraît encore facile à réaliser et, de prime abord, cette façon d'envisager la solution paraît séduisante. Mais la réalisation s'éloigne dès qu'on l'envisage.

Effectivement, considérons le cas d'un industriel dans une ville.

1° L'industriel s'éclaire électriquement lui-même ;

2° Il reçoit du courant d'un secteur ;

3° Il est éclairé au gaz par lui même ;

4° Il l'est par une compagnie.

1° S'il s'éclaire lui-même électriquement, il recherchera donc la solution indiquée en adoptant une fourniture *extérieure* prise chez le concessionnaire, ou le fournisseur le plus proche.

Sa première difficulté viendra du peu d'importance de la consommation qu'il offrira à son fournisseur de secours.

Celui-ci, pour une recette quelquefois bien minime, ne

se résoudra pas facilement à faire les frais d'établissement d'une ligne spéciale, ou même seulement d'un branchement, et reportera tous les frais sur le demandeur avec un dédain bien voulu, car il espérera que ce cas presque forcé lui amènera un client « complet », au lieu d'un client minime.

2° S'il reçoit déjà son courant d'un secteur, sa première idée sera de recourir à un secteur voisin, alimenté par une centrale distincte, et appartenant le plus souvent à une société distincte.

La même difficulté se présente que dans le cas précédent, les conditions étant les mêmes que s'il se fournissait lui-même son courant. Il trouvera là aussi la même hostilité ou le même dédain, et toutes les tracasseries que peut suggérer une concurrence entre les deux stations centrales.

S'il envisage la solution par le gaz, en s'adressant dans le premier cas, comme dans le second, à la Compagnie, c'est toujours la quantité négligeable qui sera la source des difficultés.

3° et 4° Il en sera de même si, éclairé au gaz, soit par lui, soit par une Compagnie, il songe à l'électricité, car les rôles sont simplement renversés.

Si son service de secours a une certaine importance, toute relative d'ailleurs, si l'on compare sa consommation *normale* avec celle « de secours », il pourra songer à constituer un groupe spécial indépendant, moteur à pétrole générateur ou accumulateurs. La machine à vapeur, ou le moteur à gaz pauvre ne seraient à envisager que dans le cas d'une grosse industrie, et ne sont pas la grande majorité des cas. Revenant donc au groupe moteur à pétrole-dynamo ou accumulateurs, cette solution plus élégante, souvent plus pratique pour l'industrie *moyenne*, est d'un prix encore assez élevé représentant un certain capital immobilisé pour que l'industriel plus modeste ne puisse l'adopter facilement.

Nous résumerons donc la situation de l'industriel de la grande ville, en disant que, bien qu'ayant un certain nombre de difficultés à vaincre, il pourra toujours atteindre le but qui lui est imposé, sans que ses sacrifices dépassent sensiblement ceux mêmes de l'installation, à la condition toutefois que la Compagnie du gaz, ou le secteur, soit de son côté *obligé* à consentir des prix spéciaux, des contrats spéciaux, réduits et adéquats à la situation qui est imposée à l'industriel.

Si, de l'industriel de ville, nous passons à l'industriel de la campagne, nous trouvons les cas suivants :

1° Sans secteur voisin, l'industriel s'éclaire par ses propres moyens : A. Indistinctement avec sa puissance mécanique d'atelier ; B. Il s'éclaire par groupe indépendant ; C. Il s'éclaire par le gaz.

2° Il est tributaire d'un secteur.

1° A. Il s'éclaire indistinctement par ses propres moyens, la puissance étant prise sur sa ou ses machines d'atelier.

Dans ce cas, il se voit dans l'obligation de recourir à un groupe spécial si son industrie le comporte, ou de revenir au pétrole. Il peut choisir entre les groupes spéciaux vapeur, gaz pauvre, pour les quantités importantes, et pour les moyens et petits débits entre le groupe pétroléo-électrique ou accumulateurs, et le pétrole.

B. S'il s'éclaire par groupe indépendant, il lui faudra créer un second groupe spécial, et ce cas alors retombe dans le précédent.

C. S'il s'éclaire par le gaz, il est encore dans l'obligation du cas précédent.

2° S'il est tributaire d'un secteur, la solution ne change encore pas pour lui, étant admis que dans les petites villes le plus grand nombre sont éclairées, soit par le gaz, soit électriquement, mais l'un excluant l'autre.

Quel que soit le cas envisagé, les frais sont considérables et constituent une réelle charge pour lui.

Si la ville où il se trouve comporte deux modes d'éclairage, ou deux secteurs différents, il retombe dans le cas de l'industriel de ville, avec toutefois cette différence que la plupart des distributions électriques de campagne se font à haute et très haute tension, qu'il lui faudra considérer dans ce cas, à comparer avec le groupe moteur, les frais d'installation d'un poste de transformateur.

C'est donc pour lui, dans ce cas, une infériorité marquée sur l'industriel de ville, et souvent la presque impossibilité de solutionner d'une façon pratique l'obligation de la loi.

Il reste encore deux points à mentionner, dans l'interprétation de la lettre citée au début, qui ont encore une certaine importance.

Puis les conclusions pourront être envisagées. G. C.

INFORMATIONS

Distribution de l'énergie électrique. — Le Ministre des travaux publics Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique, notamment l'article 13 (3°) portant qu'un règlement d'administration publique déterminera l'organisation du contrôle de la construction et de l'exploitation des distributions d'énergie électrique dont les frais sont à la charge du concessionnaire ou du permissionnaire ;

Vu l'article 9 du décret du 17 octobre 1907, organisant ledit contrôle ;

Arrête :

Les frais de contrôle dus à l'État par les entrepreneurs de distributions d'énergie électrique établies en vertu de permissions ou de concessions, sont fixés pour l'année 1913 à 10 fr par kilomètre de ligne pour les distributions soumises au contrôle exclusif de l'État et à 5 fr par kilomètre de ligne pour les distributions soumises au contrôle des municipalités sous l'autorisation du ministre des travaux publics.

Contrôle des distributions d'énergie électriques. — Aux termes d'un arrêté en date du 7 décembre 1912, des examens auront lieu le mercredi 23 juillet 1913, dans les villes qui seront désignées ultérieurement pour l'obtention du certificat d'aptitude au contrôle des distributions municipales d'énergie électrique, dans les conditions fixées par l'arrêté du 27 décembre 1907.

Pour être admis à subir les épreuves, les candidats doivent être Français et âgés de plus de vingt et un ans au 1er janvier 1913.

Toutes les demandes d'admission devront être adressées, sur papier timbré, avant le 15 juin 1913, au ministre des travaux publics par l'intermédiaire du préfet du département où résident les candidats. Elles seront accompagnées :

La suite page 223.

1° D'une expédition authentique de l'acte de naissance du candidat et, s'il y a lieu, d'un certificat établissant qu'il possède la qualité de Français;

2° D'un certificat de moralité délivré par le maire du lieu de la résidence ou par le commissaire de police et dûment légalisé;

3° D'un extrait du casier judiciaire remontant à moins de six mois de date.

SOCIÉTÉS

Compagnie électrique de la Loire et du Centre. — (Antérieurement dénommée *Compagnie électrique de la Loire.*) — Société anonyme fonctionnant sous le régime de la législation française.

Siège social : Paris, rue Saint-Lazare, n° 94 (primitivement à Saint-Étienne, Loire.)

Objet : 1° L'exploitation des chutes hydrauliques du canal du Forez, du fleuve « la Loire », et de ses affluents et de tous autres fleuves et cours d'eau, quels que soient leurs sources et leur parcours en France;

2° L'exploitation des machines à vapeur dont la puissance pourrait venir en aide à ces forces naturelles:

3° La production et la distribution de l'énergie électrique; et, généralement, toutes opérations se rattachant aux industries hydrauliques et électriques.

Durée 99 ans, soit jusqu'au 30 juin 1992.

Capital social, à ce jour : 22 millions en 88 000 actions de 250 francs entièrement libérées, dont 42 136 actions attribuées en représentation d'apports faits en nature et ci-après rappelés, et 45 864 actions souscrites contre espèces.

Apports: I. Ceux consentis par M. François Gillet, industriel à Izieux (Loire), qui a apporté à l'origine de la société les bénéfices et charges d'un traité de concession intervenu entre lui et le département de la Loire pour la concession d'une chute sur le canal de Forez, les bénéfices et charges d'une convention intervenue entre lui et la Compagnie électrique Edison de Saint-Étienne qui a bénéficié en retour d'un privilège de souscription à la première émission de titres; M. Gillet a apporté, de plus, des acquisitions et promesses de vente, commandes et travaux en cours d'exécution, moyennant payement par la société, en son lieu et place, du mnotnat et des frais accessoires desdits apports, et remise à M. Gillet d'une somme de 25 000 francs.

II. Ceux consentis par la Société électrique de Lignon approuvés définitivement le 25 octobre 1894, comprenant : une usine sise sur la commune de Saint-Maurice de Lignon, avec ses dépendances, et diverses valeurs mobilières, le tout représentant environ un capital de 204 172,35 fr au moment de la fusion.

En représentation de cet apport, il a été attribué à la société apporteuse des actions pour un capital nominal de 150 000 francs, une soulte de 18 750 francs plus la charge du passif évaluée 54 192,35 fr.

III. Ceux consentis par M. Alexandre Grammont, industriel, demeurant à Pont-de-Chéruy (Isère), approuvés définitivement le 5 août 1899, comprenant :

L'établissement industriel qu'il possédait à Saint-Etienne, rue des Trois-Meules, composé d'un terrain de 1819 mètres carrés 50 décimètres carrés; constructions diverses, matériel fixe et mobile; le tout d'une valeur de 884 342,75 fr.

En représentation de cet apport, il lui a été attribué des actions pour un capital nominal de 884 000 francs, plus une soulte de 342,75 fr.

IV. Enfin, ceux consentis par la Société l'Énergie électrique du Centre, approuvés définitivement le 26 novembre 1912, consistant en :

1° Le secteur de production et de distribution d'énergie électrique du Cher et ses dépendances, comprenant un barrage sur le Cher, s'étendant sur les communes de Mazirat, Evaux, Beaubignac, Teillet, Budelières, Saint-Genest, Lignerolles; l'usine hydraulique de Teillet, commune de Mazirat, et l'usine de Montluçon avec diverses lignes et postes s'y rattachant sur les communes d'Evaux, Huriel, Treignat, Boussac, Saint-Désiré, Culan, Néris, Commentry et Doyet:

2° Semblable secteur, dit du Roannais, comprenant : usine à vapeur au Coteau, diverses lignes et postes s'y rattachant sur les communes de Roanne, Montagny, Combre, Saint-Symphorien-de-Lay, Tarare, Pont-Trambouze, Thisy, Bourg-de-Thisy, Sevelinges, Cours, Charlieu, Chandon, Pouilly-sous-Charlieu;

3° Pareil secteur, dit de Saint-Étienne, ayant deux usines à Saint-Chamond, avec des lignes, postes et terrains s'y rattachant sur les communes de Pariset, Tullins, la Côte-Saint-André, Aubrives, Saint-Paul-en-Jarez, Izieux, Saint-Martin-en-Coailleux, Saint-Étienne, Civens, Chazelles-sur-Lyon et Pomey;

4° L'exploitation que l'Énergie électrique du Centre faisait dans l'ensemble des secteurs ci-devant désignés ayant sa direction au siège social, avec exploitation à Saint-Étienne. Roanne et Montluçon, comprenant: la clientèle et l'achalandage, le mobilier de bureau, le matériel d'exploitation, l'outillage, les appareils et installations en location, les marchandises, le bénéfice de tous baux, contrats, concessions et permissions de voirie, en un mot tous les éléments corporels et incorporels attachés à cette exploitation;

5° Diverses valeurs de bourse, cautionnement, créances liquides, litigieuses, coupons et espèces, représentant ensemble un capital de 3 millions 476 602,35 fr.

Cet apport a été rémunéré, savoir :

1° Par la charge que la Compagnie électrique de la Loire a prise d'acquitter tout ce qui resterait dû par l'Énergie électrique du Centre sur son passif au 30 juin 1911 se montant d'après les indications du bilan à 17 millions 51 659 fr plus 200 000 fr valeur de rachat des parts de fondateur, effectué depuis, après que l'Énergie électrique du Centre aurait ellemême employé à l'acquit de ce passif le produit net de l'augmentation de capital de 8 millions 450 000 fr qu'elle était en voie de réaliser;

2° Et l'attribution de 38 000 actions de 250 fr chacune, entièrement libérées, à créer en augmentation du capital de la Compagnie électrique de la Loire, se répartissant comme suit :

22 000 actions jouissance 1er juillet 1912, et 16 000 actions ne donnant droit qu'à 3 cinquièmes du dividende de l'exercice en cours.

Allocation du conseil d'administration : les membres du conseil d'administration ont droit à des jetons de présence dont la valeur est fixée chaque année par l'assemblée générale, ainsi qu'à un tantième des bénéfices indiqué ci-après.

Sur les bénéfices nets calculés après prélèvements pour l'amortissement que le conseil jugerait utile de proposer, tant pour le remboursement éventuel du capital-actions que que pour les amortissements industriels, s'il y a lieu, il est prélevé 5 pour 100 pour la réserve légale et somme suffisante pour parer au capital-actions un intérêt de 5 pour 100 non cumulatif du montant des sommes dont les actions sont libérées et non amorties; sur le surplus, 15 pour 100 sont attribués au conseil d'administration, le reliquat est affecté soit à des amortissements complémentaires, soit à des réserves spéciales, soit à la répartition d'un dividende supplémentaire aux actions ou sera reporté au compte de profits et pertes de l'exercice suivant.

Modalités de convocation des assemblées générales : les assemblées générales se réunissent dans l'endroit indiqué par l'avis de convocation. Les convocations sont faites par un avis inséré dans un journal d'annonces légales de la ville du siège social, au moins vingt jours avant le jour de la réunion; le délai est réduit à quinze jours en cas de seconde convocation.

En cas d'urgence, dont le conseil d'administration appréciera souverainement les raisons, les assemblées générales extraordinaires pourront être convoquées huit jours à l'avance seulement.

Obligations en circulation :

19 725 obligations de 500 francs 5 pour 100 sur les 20 000 émises par la société « Énergie électrique du Centre » et soumises à une association syndicale avec siège social à Paris. 94, rue Saint-Lazare; elles ont fait l'objet de notices insérées au *Bulletin* du 27 janvier 1908 et du 21 mars 1910.

Une assemblée générale des porteurs d'obligations tenue le 7 mars 1913 a renoncé purement et simplement au bénéfice de l'interdiction, consentie à leur profit par la société, d'hypothèquer ses immeubles ou de constituer tout gage ou nantissement de quelque nature que ce soit, en un mot, de constituer un droit de préférence quelconque à ces créanciers actuels ou futurs, sans les donner également aux propriétaires desdites 20 000 obligations, à moins de consentement des représentants légaux des obligataires.

11 652 obligations hypothécaires de 500 fr, 4,50 pour 100, de la Compagnie électrique de la Loire et pour lesquelles des notices ont été publiées au *Bulletin* du 6 mai et du 10 juin 1907.

7700 obligations chirographaires de 500 fr, 4,50 pour 100, pour lesquelles des notices ont été publiées au *Bulletin* du 22 mars 1909 et du 5 juillet 1909.

192 obligations chirographaires de 500 fr, 4,50 pour 100, formant le reliquat non remboursé ou converti de l'emprunt émis en 1904.

Obligations à émettre : La Compagnie électrique de la Loire et du Centre se propose d'émettre 30 000 obligations de 500 fr dont une partie est destinée à l'échange ou au remboursement des 11 752 obligations hypothécaires, 4,50 pour 100, actuellement en circulation; et l'autre partie à créer à la compagnie des ressources nouvelles.

Ces obligations rapporteront 5 pour 100 d'intérêt, payable par moitié le 1er juillet et le 1er janvier, sous déduction des impôts.

Elles seront amortissables au pair, dans un délai de 35 ans, à partir du 1er janvier 1916, par annuités régulières conformément à un tableau d'amortissement qui sera inscrit au dos des titres, par tirages au sort qui seront effectués en novembre de chaque année, pour le remboursement qui doit avoir lieu le 1er janvier suivant.

Jusqu'au 1er janvier 1923, la Société ne pourra opérer ni la conversion, ni le remboursement anticipé desdites obligations et l'amortissement prévu au tableau d'amortissement ne pourra être augmenté.

Mais à partir de cette date, la société aura le droit de rembourser par anticipation les obligations, soit par voie de tirage au sort au pair, soit par rachats en bourse, sans préjudice toutefois des tirages d'amortissement réguliers qui doivent avoir lieu chaque année, ainsi qu'il est indiqué ci-dessus, conformément au tableau d'amortissement.

Le présent emprunt deviendrait immédiatement exigible en totalité dans le cas où l'ensemble des usines de la Compagnie électrique de la Loire et du Centre cesserait définitivement de produire l'énergie égale à 30 000 chevaux de puissance instantanée au total, en y comprenant l'usine hydro-électrique de l'Ance, actuellement en cours d'installation.

La Compagnie s'engage à donner une hypothèque de premier rang au présent emprunt de 15 millions de fr sur tous les biens immobiliers qu'elle posséderait si elle venait à conférer ultérieurement, à qui que ce soit, une sûreté quelconque, gage, hypothèque ou nantissement, sous peine d'exigibilité immédiate des obligations restant dues, le tout, sauf décision contraire de l'assemblée générale desdites obligations.

Les porteurs d'obligations du présent emprunt seront groupés pour l'exercice de leurs droits, vis-à-vis de la société, en une société civile dont les statuts seront déposés chez Me Petrus Bernard, notaire à Lyon, et Me Fougerolle, notaire à Saint-Étienne.

Les représentants légaux seront désignés dans les statuts mêmes.

Dans le cas où la Compagnie électrique de la Loire et du Centre voudrait ultérieurement créer d'autres obligations, elle ne pourra les émettre qu'à la condition que le chiffre desdites obligations ajouté à celui d'obligations, qui seraient prises en charge à compter de ce jour, ne dépassera pas les augmentations du capital nominal actions qui seront réalisées à partir de ce jour, soit contre espèces, soit contre apport.

Les porteurs d'obligations du présent emprunt auraient alors à se prononcer en assemblée générale, conformément aux statuts de leur société civile sur le point de savoir si les nouveaux obligataires seraient admis à participer aux avantages conférés aux présentes obligations.

Le dernier bilan de la Compagnie, arrêté au 1er juillet 1912, a été publié le 28 octobre 1912. Ci-dessous bilan d'entrée après absorption de l'Énergie électrique du Centre.

BILAN

Actif.

Usines et réseaux	30 226 969 fr.
Mobilier, outillage et atelier de Montaud	1
Apports	1
Frais de premier établissement	(Mémoire).
Appareils en location	1 087 549
Magasins	931 094
Prime de remboursement des obligations	1 319 493
Caisses et banques	2 860,361
Portefeuille titres	3 589,101
Débiteurs divers	5 825,152
	45 839,721

Passif.

Capital-actions	22 000 000
Capital-obligations	19 106 307
Réserve légale	205 805
Réserves diverses	2 390 906
Créanciers divers	2 088 128
Report du bilan au 1er juillet 1912 et de celui de même date de l'Energie électrique du Centre	48 575
	45 839,721 fr.

BIBLIOGRAPHIE

Nouvelle théorie et calcul des roues-turbines. Turbines à eau et à vapeur, pompes et ventilateurs centrifuges, turbo-compresseurs, ventilateurs hélicoïdes, par le Dr Hans Lorenz. Un vol. de 312 pages. — *H. Dunod et E. Pinat*, éditeurs. — Prix 12,50 fr.

Après la publication en français des ouvrages de Stodola consacrés aux turbines à vapeur et de Zeuner traitant surtout de l'hydraulique, il a paru utile de faire paraître la traduction de l'ouvrage où le Prof. H. Lorenz expose une théorie toute générale des roues-turbines envisagées dans l'ensemble de leurs multiples applications.

Les traducteurs ont été confirmés dans ce dessein par la pénurie actuelle de notre bibliographie, non pas certes en savants travaux épars dans les périodiques, mais en ouvrages didactiques condensant l'étude des différents problèmes que pose l'application de l'écoulement des fluides à la mécanique pour en former un corps de doctrine. Cette traduction a été faite sur la deuxième édition allemande, notablement plus développée que la première; elle comprend en outre un appendice sur les roues à frottement de Tesla et de Gæde. Cette question. étudiée par le professeur Lorenz dans le *Zeitschrift f. d. ges. Turbinenwesen*, était intéressante à traiter, non pas tant en vue de l'application pratique, assez problématique d'ailleurs, de ce genre de roues, que comme application de la théorie exposée dans l'ouvrage.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — ***La Boîte aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.***

M. T., à Marseille. — L'appareil pour mesures d'isolement « le Megger » dont il est question page 263 de notre numéro 515 est en vente en France chez MM. Démoly et Martinot, 44, rue Saint-Lazare, Paris.

M. A., à Paris. — Les conducteurs sous caoutchouc doivent être essayés après un séjour de 24 heures sous l'eau à 25° avec une tension alternative appliquée pendant 24 heures. La tension d'essai doit être de 5000 volts pour une tension de service de 1000 volts, 6000 pour 3000 volts, 9000 pour 5000 et 15000 pour 10000.

M. H., à Lille. — Le quartz est travaillé et livré sous forme de tubes, de lampes, etc. par la Société française du Quartz, procédés Billon-Daguerre, 10, rue de Normandie, à Asnières ; c'est la seule fabrique industrielle française d'objets en quartz.

LÉGISLATION

Quelques considérations et déductions sur le commentaire donné à la loi du 29 novembre 1904, modifiée par le décret du 2 juin 1911, par M. le ministre du Travail, le 23 février 1913 (*Suite*).

Les premières considérations que nous avons développées sur cette question étaient relatives à la première partie du texte, partie fondamentale. Nous avons pu entrevoir les nouvelles obligations qu'entraînera l'application de ce texte.

En examinant la deuxième proposition de ce texte, « *qu'il n'y a pas lieu d'admettre l'allumage automatique* », nous comprenons très bien qu'il fait suite normalement à la première partie du programme demandé, édictant que l'éclairage doit fonctionner simultanément avec l'éclairage permanent. Cette deuxième partie exclut d'elle-même les solutions par lesquelles l'industriel soucieux de diminuer les frais de cette application aurait cherché à tourner la difficulté, en créant bien, comme le demande le décret, un circuit spécial, pris sur source spéciale, mais en ne l'allumant que strictement dans les cas de suppression de courant *normal*, par l'interposition d'un automatique destiné à produire automatiquement l'allumage de l'éclairage de secours au moment même de son besoin. Cette solution, en diminuant la consommation du circuit *secours* diminuait les frais. Il est juste de remarquer que l'automatique s'applique surtout à l'électricité, car il ne peut être adapté sur des sources lumineuses de pétrole, ou acétylène, et ne peut s'entendre que pour le gaz, dont les applications seront certainement restreintes, en raison des frais d'installation.

La partie du texte qui suit indique bien la volonté d'avoir des sources lumineuses spéciales, car elle indique que les lampes utilisées en usage *normal* ne pourront servir d'éclairage de secours. Cette spécification réduit encore les possibilités qu'avait l'industriel de s'en « tirer » à meilleur compte, car elle lui interdit de consacrer à son éclairage de secours une portion de son éclairage normal, ce qu'il aurait pu faire par l'adjonction d'un ou plusieurs commutateurs, manœuvrés au moment opportun.

En passant, nous indiquons que cette manière d'opérer ne nous semble pas rationnelle, car l'éclairage de *secours* peut rendre de réels services, et *économiser*. Effectivement, tous les ateliers ouvrent leurs portes un temps plus ou moins long avant le travail *effectif*. Il en découle pour l'exploitant la nécessité d'éclairer ces locaux tels que lavabos, couloirs, et même ateliers, d'une façon au moins *réduite*, telle que le personnel puisse gagner sa place et se préparer à son travail, avant la mise en route des machines.

L'installation d'un circuit *spécial*, desservant ces locaux, bureaux, couloirs, lavabos, W. C. et ateliers, constituera donc une économie par rapport à l'éclairage *normal* obligatoire pendant le travail *effectif*, étant donné que l'un ne fonctionnera pas en même temps que l'autre.

La loi dont nous nous occupons aurait seulement pour effet de rendre cet éclairage *permanent*, pendant le travail. En fait l'économie produite pendant le temps d'éclairage donné, en dehors du travail effectif, par cette installation *restreinte* et de *secours* se trouve perdue par l'application de la loi, mais elle n'en constitue pas moins une économie par rapport à l'intensité totale qu'on serait dans l'obligation d'utiliser sans cette « séparation ».

Un court exemple fera bien saisir notre manière de voir. Supposons un éclairage d'atelier de 120 lampes, dont 100 dans les ateliers proprement dits, 20 dans les bureaux, couloirs et autres locaux accessoires. En application du principe expliqué plus haut, et aussi de la loi, il suffira donc d'équiper l'éclairage restreint, qu'on pourra réduire à 10 lampes pour les locaux divers, et encore 10 pour l'atelier, ce qui donnera seulement le débit de 20 lampes, alors que, sans cette précaution, il faudrait certainement allumer un nombre bien plus grand de lampes, proportionnel au sectionnement de l'éclairage des ateliers, et qui donnerait certainement un éclairage total supérieur à 50 lampes. On trouve donc l'économie de 30 lampes.

L'application de cette théorie sera sans doute la seule fiche de consolation donnée aux industriels, dans l'application de la loi.

Revenant à l'interprétation du texte cité au début, nous arrivons à une expression que nous ne trouvons pas « lucide ». Il s'agit de « *un second éclairage électrique alimenté par des canalisations extérieures* ». Ce mot *extérieures* peut prêter à double interprétation. Devons-nous entendre que les canalisations ainsi établies ne devront pas *pénétrer dans les bâtiments* à éclairer, et se trouver fixées *extérieurement* le long des murs, en contournant dans leur ensemble les bâtiments ?

Dans ce cas, il y aurait lieu de remarquer qu'il serait nécessaire, dans la majorité des cas d'incendie, ou de commencement d'incendie, de couper le courant *tout*

d'abord, en raison même du danger que pourraient courir les sauveteurs, pompiers ou autres, en voulant pénétrer par les fenêtres, aborder le toit avec des échelles, alors même que le circuit établi serait seulement du courant de la 1[re] catégorie, considéré comme non dangereux. Il faut remarquer que, en pareille circonstance, la précipitation, l'affolement pourraient produire des accidents graves ou même mortels, si le courant était maintenu. Les cas d'accidents même sur réseaux basse tension sont encore trop possibles pour qu'il ne soit pas de prudence élémentaire de supprimer la cause possible de pareils faits.

Devons-nous, au contraire, entendre le mot *extérieures* comme abrégé de *provenant de l'extérieur*, ce qui semble bien rentrer dans l'esprit de la loi, édictant une source spéciale?

La dernière partie du texte nous paraît encore moins claire : « *de telle sorte quelle ne soit pas mise hors service* (la prise de courant) *par un incendie se déclarant dans l'établissement* ».

Il est évident que le branchement du poste-ligne de secours, s'il vient de l'extérieur, comme source d'énergie ne pourra être utilisé, dans la plupart des cas, surtout en ville, car il ne viendra à l'idée de personne de fermer un circuit devant allumer des lampes dans un bâtiment incendié.

Or, dans la plupart des cas, les bâtiments industriels se tiennent tous et le plus souvent, en ville, ne forment qu'un seul pâté. Il devient donc difficile de chercher un endroit extérieur pour y loger la prise de courant. Il faudrait donc admettre que cette partie du texte peut seule regarder les industries d'une certaine envergure, possédant plusieurs bâtiments. Dans ce cas, la raison de placer la prise de courant de *secours* de telle sorte que l'incendie se déclarant dans un des bâtiments ne prive pas les locaux voisins de leur éclairage de *secours* est indiquée.

Ces commentaires terminés, nous pouvons revenir en arrière, et reprendre en détail quelques points que nous n'avons fait qu'indiquer.

Nous avons dit que l'industriel de *ville* pourra toujours donner satisfaction à la loi, pourvu que les compagnies de *gaz* ou les *secteurs* soient *dans l'obligation de traiter ce petit client* sur un tarif équivalent à celui qui lui serait appliqué si le secteur se trouvait être chargé de la fourniture *totale*.

Un exemple fera mieux saisir notre pensée.

Un industriel de *ville* utilise normalement une puissance de 50 kw par exemple. Son éclairage de *secours* montera à 2 ou 3, comptons même 5 kw. Le secteur auquel il fera appel pour l'application de la loi *devrait* se trouver dans l'obligation de lui appliquer le tarif qu'il applique couramment pour une puissance de 50 kw.

Un industriel soucieux de ses intérêts, dans cette situation, admettrait difficilement une thèse contraire, disant avec raison que les 2 ou 3 ou 5 kw supplémentaires qui lui sont nécessaires, s'ils étaient fournis, soit par lui-même, soit par le secteur qui le dessert normalement, lui reviendraient à un taux moindre que le taux habituellement compté pour la seule puissance de 5 kw.

On pourrait donc admettre que le secteur appelé à fournir le *secours* devrait appliquer *son tarif* afférent à la puissance *totale* utilisée par le demandeur sur l'autre secteur. G. C.

INFORMATIONS

Lampes électriques de sûreté pour mines. — Ministère des Travaux publics. — Vu l'article 146 du décret du 13 août 1911, portant règlement général sur l'exploitation des mines de combustibles, ledit article ainsi conçu :

« Les lampes de sûreté doivent être conformes à un des types agréés par le Ministre des travaux publics » ;

Vu l'arrêté en date du 23 février 1912, agréant divers types de lampes de sûreté;

Vu l'avis de la commission des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines;

Sur la proposition du directeur des mines.

Arrêtée :

Art. 1[er] — Est agréée, pour être employée dans les mines grisouteuses, au même titre que celles visées par l'arrêté du 23 février 1912, la lampe électrique dite lampe Fäber, de la société « Concordia » de Dortmund (Allemagne) dont la description est annexée au présent arrêté.

Annexe relative à la lampe faisant l'objet de l'arrêté précédent. — Lampe électrique Färber, de la société « Concordia » de Dortmund (Allemagne). — Les éléments caractéristiques de cette lampe sont les suivants ;

1° Accumulateur à 1 élément :
Tension : 2 volts;
Électrolyte libre.

2° Ampoule à filaments métalliques :
Pouvoir éclairant : 1,5 bougie;
Durée d'éclairage : 16 à 18 heures.

3° Commutateur : le contact est établi en tournant sur son siège la partie supérieure de la lampe;

4° Boite en tôle d'acier étirée, de forme cylindrique, avec nervures transversales.

5° Poids de la lampe : 2,600 kg.
Dimensions : $h = 270$ mm, $d = 95$ mm.

Compteurs d'énergie électrique. — Le ministère des travaux publics : Vu la demande présentée par la Société anonyme Westinghouse, rue de Berlin, n° 7, à Paris;

Vu l'arrêté du 15 août 1910 fixant les conditions d'approbation des types de compteurs d'énergie électrique;

Vu l'avis du comité d'électricité en date du 30 mai 1913;

Sur la proposition du directeur des mines, des distributions d'énergie électrique et de l'aéronautique.

Arrête :

Est approuvé, en conformité de l'article 16 des cahiers des charges des 17 mai et 20 août 1908, le compteur type « N » de la Société anonyme Westinghouse, pour les calibres jusqu'à 80 ampères et 600 volts et pour les distributions à courants alternatifs monophasés à deux fils seulement.

— Est approuvé, en conformité de l'article 16 des cahiers des charges des 17 mai et 20 août 1908, le compteur type « O » de la Société anonyme Westinghouse, pour les calibres jusqu'à 20 ampères et 400 volts inclusivement.

Installations électriques aux écluses d'Ivry. — Avis d'ouverture d'un concours. — Un concours doit être ouvert pour la fourniture et la mise en place du matériel nécessaire à la manœuvre des appareils et à l'éclairage des terre-pleins et bâtiments des écluses d'Ivry par l'électricité.

Conditions principales du concours. — I. *Demandes d'admission.*

La suite page 227.

— Les concurrents qui désirent prendre part à ce concours doivent en adresser la demande, par lettre recommandée, à M. Drogue, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, pavillon de la Navigation, port de la Bourdonnais à Paris, avant le 16 juillet à 17 heures et joindre à cette demande les pièces ci-après :

Pour les concurrents autres que les Sociétés d'ouvriers français :

1° Une déclaration indiquant leur intention de soumissionner et faisant connaître les noms, prénoms, qualités et domicile du candidat;

2° Une note indiquant le lieu, la date, la nature et l'importance des travaux exécutés par le candidat ou à l'exécution desquels il a concouru, l'emploi qu'il occupait dans chacune des entreprises auxquelles il a collaboré, ainsi que les noms, qualités et domiciles des hommes de l'art sous la direction desquels ces travaux ont été exécutés. Les certificats délivrés par ces hommes de l'art peuvent être joints à la note.

Pour les sociétés d'ouvriers français :

1° La liste nominative de leurs membres (noms, prénoms, domiciles, dates et lieux de naissance);

2° Leur acte de société;

3° L'engagement d'employer effectivement aux travaux, pendant toute leur durée, un nombre minimum de sociétaires qu'elles fixeront;

4° Un acte, en bonne et due forme, désignant le délégué chargé de les représenter et définissant ses pouvoirs comme il est prescrit ci-après;

5° Une déclaration de ce délégué indiquant son intention de soumissionner et faisant connaître ses nom, prénoms, qualité et domicile;

6° Une note de ce délégué indiquant le lieu, la date, la nature et l'importance des travaux que la société a exécutés ou à l'exécution desquels elle a concouru, ainsi que les noms qualités et domiciles des hommes de l'art sous la direction desquels ces travaux ont été exécutés. Les certificats délivrés par ces hommes de l'art pourront être joints à la note.

Les demandes, accompagnées des pièces mentionnées ci-dessus, seront adressées franco à l'ingénieur en chef, et elles devront lui parvenir avant le 16 juillet à 17 heures, terme de rigueur.

II. *Instruction des demandes.* — La liste des personnes admises à concourir sera arrêtée par le ministre des Travaux Publics.

Les personnes admises à prendre part au concours seront avisées ultérieurement et directement par lettre recommandée, de leur adhésion et recevront à ce moment le devis-programme du concours.

Les pièces remises par les personnes non admises leur seront renvoyées, avec l'avis que leur demande n'a pas été accueillie.

SOCIÉTÉS

Compagnie Lorraine d'électricité. — Complément à la notice parue au *Bulletin* du 25 décembre 1911 et à celui du 26 décembre 1910. Siège social : Nancy, 62 et 64, rue du Faubourg Stanislas.

Actions : le versement des 375 francs restant à libérer sur chacune des 1500 actions anciennes en numéraire a été effectué du 20 au 25 mars 1913.

10 000 actions nouvelles de 500 francs chacune à souscrire et à libérer en numéraire d'un quart en souscrivant et du surplus aux époques fixées par le conseil d'administration sont émises en vertu d'une décision de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires en date du 28 février 1913.

Obligations : Il a été émis par la Société 30 000 obligations de 500 francs chacune, ayant pour gage tout l'actif social sans garanties spéciales, sur lesquelles 6000 sont reprises par la Société pour être annulées.

Une nouvelle émission de 56 000 obligations de 500 francs chacune, 4,50 net des impôts actuels, a été autorisée par l'assemblée générale des actionnaires du 28 février 1913 et décidée par le Conseil d'administration à la même date. Ces obligations rapportent 22 fr 50 par an net des impôts actuels, payables par moitié le 1er janvier et le 1er juillet de chaque année. Elles seront remboursables au pair en 35 années, à partir du 1er janvier 1916, par tirages au sort annuels dont le premier aura lieu en octobre 1915. Le remboursement des titres sortis au tirage s'effectuera le 1er janvier suivant; ils cesseront de porter intérêt à partir du jour fixé pour leur remboursement. La Société se réserve de rembourser ces obligations par anticipation en totalité ou en partie, à partir du 1er janvier 1916, par tirages au sort et moyennant un préavis de 3 mois ou par voie de rachat. Des garanties spéciales ne sont pas attachées à ces obligations, elles auront pour gage l'actif social.

BILAN AU 31 MARS 1912

Actif.

Immobilisations. — Station centrale de Nancy :	
Terrains, immeubles, construction, matériel et concessions	9 727 161,30 fr.
Postes de transformation, canalisations et branchements	3 673 185,00
Compteurs et installations d'abonnés	545 761,55
Entreprise de distribution régionale	5 937 552,25
Entreprise d'incinération	655 005,75
Actif réalisable :	
Caisse	14 720,50
Banquiers	1 450 437,00
Effets à recevoir	2 060,95
Actionnaires	562 500,00
Débiteurs divers	1 648 669,25
Marchandises en magasin	287 462,80
Titres et participations	717 160,00
Comptes divers :	
Frais de constitution et frais d'émission des obligations	582 814,50
Total	25 804 488,85 fr.

Passif.

Engagements sociaux :	
Capital	10 000 000,00 fr.
Engagements envers les tiers :	
Obligations	10 000 000,00
Travaux en cours, fournisseurs et créditeurs divers	4 931 851,75
Effets à payer	95 242,82
Profits et pertes :	
Bénéfices nets de l'exercice	777 394,30
Total	25 804 488,85 fr.

L'Électrique de Loir-et-Cher. — Société anonyme au capital de 3 500 000 fr.

Siège social : 105, rue Saint-Lazare, Paris.

Addition aux publications faites au *Bulletin* des 5 décembre 1910 et 28 août 1911 et au *Bulletin* du 12 février 1912 :

Emission d'obligations : l'émission d'obligations publiée au *Journal officiel* du 28 août 1911 et au *Bulletin* des annonces légales obligatoires du 12 février 1912 va être continuée et terminée. En tant que de besoin, il est reproduit ci-après les indications utiles prévues par la loi du 30 janvier 1907 et notamment le bilan de l'exercice 1911, approuvé par l'assemblée générale ordinaire du 17 juin 1912 et qui n'avait pu encore être publié.

La société l'Électrique de Loir-et-Cher, législation française, au capital de 3 500 000 fr, divisé en 35 000 actions de 100 fr chacune, toutes souscrites en numéraire, est en voie de se libérer de son second quart.

Durée : cinquante ans.

Siège social à Paris, primitivement, 96, rue de la Victoire, et actuellement, 105, rue Saint-Lazare.

Objet de l'entreprise : Distribution d'énergie électrique directement ou par l'intermédiaire de filiales; exploitation des tramways départementaux à traction électrique ou à vapeur par l'intermédiaire de filiales dont l'Électrique de Loir-et-Cher a le contrôle en fait.

Fondation de la société : 19 janvier 1911.

BILAN DE L'EXERCICE 1911.

Actif.

Etablissement	884 916,18 fr.
Compte d'exploitation	20 324,10
Frais généraux	94 516,67
Dépôts en banque	34 806,05
Portefeuille	528 900,00
Débiteurs	3 883 630,00
Obligations	156 419,50
Profits et pertes	3 483,65
Total	5 606 996,87

Passif.

Capital	3 500 000,00
Ch. Lefebvre et Cie	320 471,52
Créanciers divers	1 525,35
Consortium blesois	500 000,00
Obligations souscrites	1 285 000,00
Total	5 606 996,87 fr.

L'émission totale d'obligations dont il s'agit comporte 7000 titres de 500 fr rapportant 25 fr par an chacun, amortissables en quarante années à partir du premier janvier 1920 par voie de tirage annuel avec faculté, pour la société, de remboursement anticipé à toute époque.

L'actif de la société sert de garantie aux obligataires, et comprend notamment :

Le portefeuille de la société;

Les travaux déjà exécutés;

L'usine génératrice;

Les lignes de transport et de distribution.

L'émission a été décidée par l'assemblée générale du 8 juin 1911. Aucune émission d'obligations n'a eu lieu antérieurement à cette dernière date.

Une assemblée générale ordinaire a lieu dans le premier semestre de chaque année. Les convocations sont faites au moins quinze jours à l'avance par voie d'annonces dans les journaux.

Secteur électrique de la Vallée du Matz. — Société anonyme française au capital de 30 000 francs divisé en 300 actions de 100 francs dont 150 d'apports en nature attribuées à M. Biard (Marcel), fondateur, et 150 libérés du quart. — Siège social à Ressons-sur-Matz (Oise). — Durée : quarante ans à dater de sa constitution. — Statuts déposés chez Me Recullet, notaire à Beauvais, le 8 avril 1913. — Objet : la production, l'exploitation, la distribution, l'achat et la vente de l'électricité pour tous usages. — Pas encore de bilan — L'année sociale commence le premier juillet et finit le trente juin. — Les bénéfices se répartissent, savoir : 5 pour 100 à la réserve légale ; somme suffisante pour servir aux actionnaires 5 pour 100 du capital libéré ; 5 pour 100 à la réserve spéciale ; 10 pour 100 au conseil d'administration ; surplus aux actionnaires. — L'assemblée générale se réunit au siège social ou dans tout autre endroit de l'Oise, fixé par le conseil d'administration, 15 jours après une insertion parue dans un journal de l'Oise.

Emission de 1200 obligations de 100 francs 5 pour 100 payables au pair, remboursables à 105 francs en 40 ans par voie de tirage au sort à compter du 1er juillet 1916, avec faculté d'anticiper.

BIBLIOGRAPHIE

Les machines d'induction. Théorie, calcul, fonctionnement par E. ARNOLD et J. LACOUR, traduit par G. Dermine et Louis Paget. 1 vol. de 560 pages. — *Ch. Delagrave*, éditeur. — Prix 22 fr.

Le professeur Arnold, après une trop courte vie de travail intense, a disparu, il a cependant laissé derrière lui une œuvre que les techniciens de tous les pays peuvent apprécier à sa haute valeur. Une traduction intéressante vient d'être faite de l'un de ses ouvrages les plus importants que nous signalons aujourd'hui à nos lecteurs. Comprenant plus de 500 pages, 10 planches et de nombreuses gravures, cet ouvrage traite à fond la question des moteurs d'induction, si importante aujourd'hui. Rien n'a été négligé par les éditeurs pour les soins matériels apportés à cette publication destinée à rendre aux ingénieurs et aux constructeurs d'importants services.

Introduction à la science de l'ingénieur. *Partie théorique de l'Aide-Mémoire des Ingénieurs, des Architectes, etc.*, par J. CLAUDEL, 8e *édition*, revue et mise au point par GEORGES DARIÉS, ingénieur de la Ville de Paris, 2 vol. in-8° de 1858 pages. — *H. Dunod et E. Pinat*, éditeur. — Prix 28 fr.

L'*Introduction à la science de l'ingénieur* a déjà eu sept éditions. Le succès de cet ouvrage est dû à son caractère pratique et aussi à l'étendue et à la variété des matières qu'il embrasse.

Depuis la mort de Barré, qui avait revu avec beaucoup de soins la septième édition, M. Dariès a été chargé de la remise au point de l'ouvrage.

Bien que le programme général soit resté le même, tous les chapitres ont été revus et profondément modifiés pour les mettre en harmonie avec les nouvelles méthodes d'enseignement des écoles techniques; les anciennes notations mathématiques et mécaniques ont été remplacées par des notations modernes. Avec la partie pratique de l'*Aide-Mémoire des Ingénieurs et des Architectes* et le volume sur l'*Art de construire*, revus récemment, la nouvelle édition de l'*Introduction théorique* met à jour la collection des ouvrages de Claudel, dont soixante ans de succès n'ont pas diminué la réputation.

Cours d'électrotechnique générale et appliquée, par M. SWYNGEDAUV avec la collaboration de F. NÈGRE et BEAUVAIS. Un vol. de 300 pages. — *Ch. Béranger*, éditeur. — Prix 10 fr.

Ce cours est celui professé à l'Institut électrotechnique annexé à la Faculté de Lille. Rédigé avec soin et, chose à laquelle on est peu habitué, utilisant les notations nouvelles proposées par le Comité français, il est d'une lecture agréable. La partie matérielle a été l'objet de l'attention de l'éditeur et ne laisse rien à désirer. Un texte en gros caractères peut être lu en première lecture; il comprend les notions générales et les démonstrations simples. Le texte en petit caractère complète l'ouvrage par des théories utiles à l'ingénieur. En résumé, bon ouvrage qui rendra service à tous ceux que l'électrotechnique attire et intéresse.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boîte aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. H., à Lyon. — La description du réseau de chemins de fer électriques à courant alternatif simple du département de la Haute-Vienne a paru dans notre numéro 475 du 10 oct. 1911. Ce numéro est actuellement épuisé, mais vous pourrez le consulter dans une bibliothèque (Bibliothèque Nationale, Conservatoire des Arts et Métiers, etc.).

M. N., à Grenoble. — On peut compter obtenir par électrolyse 416 cm³ d'hydrogène et 208 cm³ d'oxygène par ampère-heure.

M. S., à Chelles. — Vous pourrez faire d'excellents joints à l'extrémité de tubes de verre en argentant le verre par le procédé bien connu, puis en déposant électrolytiquement du cuivre sur la couche d'argenture; on étame ensuite le dépôt de cuivre et on peut alors le souder directement à une garniture de laiton. Ce joint, très solide, résiste assez bien aux variations de température; son étanchéité est très grande; il résiste aux dissolvants tels que l'ether, la benzine, l'alcool, ce qui l'a fait employer pour certains niveaux à bulle.

INFORMATIONS

Afrique du Sud. — D'après un rapport du commissaire britannique dans la colonie du Cap, le budget de cette colonie comprend parmi les crédits affectés à l'année fiscale se terminant à la fin de mars 1914 les sommes suivantes : installations d'appareils télégraphiques et téléphoniques : 810 000 fr; signaux et aiguillages pour les lignes de chemins de fer: 2 000 000 fr; matériel roulant pour les chemins de fer: 63 000 000; fourniture de grues électriques : 575 000 fr; et enfin un crédit de 125 000 fr pour l'installation d'un phare.

Contrôle des distributions d'énergie électrique. — Par arrêté en date du 29 juillet 1913, l'organisation du service du contrôle des distributions d'énergie électrique dans le département de la Dordogne, précédemment réglée par arrêté du 8 février 1908, a été fixée à nouveau de la manière suivante, à dater du 1er août 1913, sous la direction de l'ingénieur en chef des ponts et chaussées chargé du service ordinaire, savoir:

Voirie. — Ingénieurs : Les ingénieurs chargés du service de la voirie, dans les limites de leurs arrondissements respectifs.

Agents de contrôle : Les conducteurs et sous-ingénieurs chargés du même service, dans les limites de leurs subdivisions respectives.

Exploitation technique. — Ingénieurs : M. Petit, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées à Périgueux; M. Lurand-Levade, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées à Bergerac; M. Niewenglowski, ingénieur ordinaire des mines à Bordeaux.

Agents du contrôle : M. Guthmann, sous-ingénieur des ponts et chaussées à Périgueux; M. Morel, sous-ingénieur des ponts et chaussées à Ribérac; M. Lalande, sous-ingénieur des ponts et chaussées à Périgueux; M. Tamarelle, sous-ingénieur des ponts et chaussées à Bergerac; M. N..., conducteur des ponts et chaussées à Sarlat.

Entretien des câbles téléphoniques. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes. Sur la proposition du directeur de l'exploitation télégraphique et du directeur de l'exploitation téléphonique,

Arrête :

Art. 1er. — Quand un câble souterrain, en égout, galerie ou tranchée, du type administratif et d'une capacité supérieure à sept paires de conducteurs est spécialement posé pour l'installation de lignes supplémentaires d'abonnement ou de lignes d'intérêt privé intéressant exclusivement un même abonné ou concessionnaire, celui-ci rembourse intégralement pour les lignes ou sections de lignes contenues dans le câble les frais de matériel et de main-d'œuvre, majorés de 10 pour 100 nécessités par l'établissement de ce câble.

Art. 2. — L'entretien des lignes ou sections de lignes contenues dans le câble est assuré aux conditions suivantes:

a. L'entretien courant (petit entretien) donne lieu au payement d'une redevance annuelle forfaitaire fixée à 10 pour 100 des dépenses de premier établissement, majorées de 10 pour 100.

b. Le gros entretien (renouvellement d'une section de câble mise hors de service par l'usure normale, par accident, ou par l'électrolyse, déviation du câble nécessitée par des travaux de voirie ou des modifications de tracé, etc. etc.) est effectué moyennant le remboursement des dépenses réellement faites en fournitures et en main-d'œuvre, majorées de 10 pour 100 à titre de frais généraux.

Art. 3. — Les redevances aux municipalités auxquelles peuvent, le cas échéant, être assujetties les lignes contenues dans le câble, pour occupation des égouts, sont à la charge de l'abonné ou concessionnaire.

Art. 4. — Les dispositions du présent arrêté sont applicables à partir du 1er juillet 1913.

Art. 5. — Le présent arrêté sera déposé au secrétariat administratif des postes et des télégraphes, pour être notifié à qui de droit.

SOCIÉTÉS

Société avignonnaise d'Électricité. — *Assemblée générale ordinaire du 15 avril 1913.* — RAPPORT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION. — Messieurs, nous vous avons réunis en Assemblée générale ordinaire, conformément à l'article 27 des statuts, pour soumettre à votre approbation les comptes du sixième exercice clos le 31 décembre 1912.

Dans vos Assemblées générales extraordinaires des 22 avril et 1er juin 1912, vous avez décidé d'augmenter votre capital social en le portant de 500 000 à 800 000 francs. Grâce à cette opération, nous avons été en mesure de réaliser le programme que nous vous avions exposé dans notre dernier rapport. Nous vous rappelons que ce programme consistait à établir une délimitation complète entre nos services et ceux du Sud-Électrique en reprenant à cette dernière Société un certain nombre d'installations comprises dans les nôtres. De cette reprise résultait, en outre, une simplification dans les conditions de fourniture de courant faite par le Sud-Électrique qui nous cédait ses clients de force motrice situés sur la commune d'Avignon. Ces différentes questions ont fait l'objet d'accords qui sont entrés en vigueur à partir du 1er juillet dernier et l'application de ce nouveau régime a déjà produit des effets satisfaisants dont témoignent les résultats de l'exercice 1912.

Nos recettes se sont élevées à 256 080,20 contre 208 363,64 fr. pour l'exercice précédent, soit une augmentation de 47 716,56 fr. Il est intéressant de noter que les recettes de force motrice sont passées de 35 277 à 67 905 francs, soit une augmentation de 32 628 francs dont une partie provient des clients qui nous ont été cédés par le Sud Électrique. Le nombre de nos abonnés d'éclairage est passé de 1144 à 1306 et le nombre des lampes en service de 20 453 à 22 400, soit une augmentation de 2000 lampes environ. Le nombre des clients de force mo-

trice est passé de 152 à 196 et le nombre des chevaux installés de 308 à 703, soit une augmentation de 395 chevaux.

En ce qui concerne les travaux, nous avons continué à exécuter un certain nombre de branchements pour desservir la clientèle nouvelle. Un poste de transformation a été établi à proximité de la porte de la Ligne pour nous permettre d'étendre notre réseau dans cette partie de la ville. Nous projetons de construire un autre poste de transformation près de la rue des Teinturiers, afin d'améliorer la distribution dans ce quartier et d'augmenter ainsi le nombre de nos nouveaux abonnés. Nous avons repris le réseau de Montfavet dans lequel certains travaux ont été exécutés en vue d'augmenter l'éclairage de la voie publique et d'assurer celui des particuliers dans les meilleures conditions.

Au point de vue financier, nous n'avons pas cru utile de terminer le placement de nos obligations (2ᵉ série) restant à émettre, nos disponibilités étant suffisamment importantes puisqu'elles s'élèvent à 69 104,28 au 31 décembre 1912.

Nous allons maintenant passer à l'examen des comptes :

ACTIF

Frais de constitution	3 786,40 fr.
Ce compte s'est augmenté des frais résultant de l'augmentation du capital social.	
Mobilier et outillage général	1,00
Ce compte est sans changement.	
Apports	120 000,00
Les apports faits à la constitution de la Société sont sans changement.	
Frais de premier établissement	69 000,00
Ce compte est sans changement.	
Dépenses d'installations	1 064 544,69
Ce poste s'élevait à 720 083,64 fr à la fin de l'exercice précédent; son augmentation est due principalement à la valeur des installations reprises au Sud-Électrique.	
Approvisionnements	22 702,53
Ce poste est passé de 11 255,48 fr à 22 702,53 fr; son augmentation est due au matériel qui doit être employé pour l'extension des installations résultant du développement de la clientèle.	
Matériel en location	36 057,90
L'augmentation de ce chapitre, qui s'élevait à 29 706,41 fr, provient du plus grand nombre de compteurs placés chez les clients.	
Caisses et banques	69 104,28
Les disponibilités, qui s'élevaient à 48 082,20 fr, se sont accrues de 21 022,08 fr.	
Débiteurs divers	38 710,19
Ce poste, qui s'élevait à 37 607,79 fr au 31 décembre 1911, ne présente qu'une faible augmentation.	
Frais d'émission et prime sur obligations	47 052,60
Ce compte s'est augmenté des frais afférents à quelques obligations émises et s'est diminué de ceux relatifs aux obligations en circulation amorties.	
Comptes divers et d'ordre	1 664,65
Ce chapitre est sans changement appréciable.	
Total de l'actif	1 472 624,24 fr.

PASSIF

Capital			800 000,00 fr.
En conformité des délibérations prises par les Assemblées générales extraordinaires des 22 avril et 1ᵉʳ juin 1912, le capital a été porté de 500 000 à 800 000 fr. Il est représenté par 8000 actions de 100 fr chacune.			
Obligations			412 000,00
500 oblig. (1ʳᵉ série) émises	250 000		
44 — amorties	22 000		
Reste		228 000	
373 oblig. (2ᵉ série) émises	186 500		
5 — amorties	2 500		
Reste		184 000	
Total		412 000	

Pour la 1ʳᵉ série, aux obligations amorties précédemment, sont venues s'ajouter dix obligations en circulation sorties au tirage qui a eu lieu à l'issue de l'assemblée générale du 20 avril 1911.

Pour la 2ᵉ série, sur les huit obligations sorties au même tirage, cinq étaient en circulation et les trois autres à la souche.

A reporter	1 212 000,00 fr.
Report	1 212 000,00 fr.
Réserve légale	6 101,76
Le montant de la réserve légale a été porté de 4816,91 fr à 6101,76 fr, en exécution de la résolution votée par la dernière assemblée générale.	
Réserve par amortissement d'obligations	20 610,00
Cette réserve provient de l'amortissement des obligations en circulation; elle est égale à leur montant diminué des frais d'émission et primes qui ont été amortis à l'actif.	
Provision pour amortissements	80 000,00
Cette provision est passée de 45 000 fr à 80 000 fr, en exécution de la résolution de la dernière assemblée générale.	
Créditeurs divers	74 137,41
Ce chapitre est passé de 38 663,71 fr à 74 137,41 fr; il comprend, notamment, les sommes dues à nos entrepreneurs et fournisseurs au 31 décembre 1912 et les créances à liquider; son augmentation provient en grande partie du solde restant dû pour la reprise des installations cédées par le Sud-Électrique.	
Profits et pertes	79 775,07
Total du passif	1 472 624,24 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Les recettes de l'exercice se sont élevées à		256 080,20 fr.
Et les dépenses, y compris les frais généraux d'administration, à		157 583,36
Laissant un solde créditeur de		98 496,84
Duquel il y a lieu de déduire :		
Amortissement de quinze obligations	7 500,00	
Solde du compte Intérêts et divers	17 155,30	
		24 655,30
Reste		73 841,54
Nous estimons qu'il y a lieu de ramener à 1 fr les Frais de constitution en amortissant les frais résultant de l'augmentation du capital social.		
Frais de constitution (sauf 1 fr)		3 785,40
Reste		70 056,14
Nous vous proposons d'attribuer à la Provision pour amortissements une somme de		35 000,00
Reste un bénéfice de		35 056,14
Nous devons porter à la réserve légale 5 pour 100 sur 35 056,14 fr, soit		1 752,81
Reste		33 303,33
A cette somme, il y a lieu d'ajouter le report de l'exercice 1911, s'élevant à		5 933,53
Total		39 236,86
Nous vous proposons de distribuer un dividende de 5 pour 100 :		
1° Aux 5000 actions anciennes de 100 fr chacune, soit	25 000,00	
2° Aux 3000 actions nouvelles de 100 fr chacune (jouissance 1ᵉʳ juillet 1912), soit	7 500,00	
		32 500,00
Et de reporter à nouveau		6 736,89
En conséquence, après amortissement des Frais de constitution s'élevant à	3 785,40	
Et après l'attribution à la Provision pour amortissements d'une somme de	35 000,00	
Soit au total		38 785,40
La répartition des bénéfices se résume ainsi :		
Réserve légale	1 752,81	
Dividende de 5 pour 100 aux 8000 actions de 100 fr chacune	32 500,00	
Report à nouveau	6 736,86	
		40 989,67
Total		79 775,07 fr.

Le dividende serait mis en payement contre la remise du coupon nº 6, sous déduction des impôts de finances, à partir du 30 avril 1913.

D'après l'article 17 de nos statuts, les premiers Administrateurs doivent rester en fonctions pendant les six premiers exercices sociaux. Votre Conseil est donc arrivé à l'expiration de son mandat; il se représente en entier à vos suffrages.

La suite page 231.

Vous aurez ensuite à nommer des Commissaires pour l'exercice en cours et à fixer leur rémunération.

Enfin nous vous demanderons, pour nous conformer à la loi du 24 juillet 1867, d'approuver d'une manière générale les opérations faites avec diverses Sociétés dont les Administrateurs sont membres de votre Conseil, et de renouveler, en tant que de besoin, cette autorisation ; ces opérations ont été d'ordre courant et normal ; nous devons toutefois faire mention de la Société Sud-Électrique avec laquelle nous avons passé des accords dont nous avons rendu compte au commencement de notre rapport.

Résolutions. — A la suite de la lecture du rapport qui précède et après délibération, l'Assemblée générale des actionnaires adopte les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'assemblée générale approuve, dans toutes leurs parties, le rapport du Conseil d'administration et celui des Commissaires, ainsi que les comptes de l'exercice clos le 31 décembre 1912, tels qu'ils viennent d'être présentés et détaillés.

Elle arrête, en conséquence, à la somme de 79 775,07 francs le solde créditeur du compte Profits et Pertes.

Deuxième résolution :

L'assemblée générale décide qu'après amortissement des Frais de constitution s'élevant à	3 785,40	
Et après l'attribution à la Provision pour amortissements d'une somme de	35 000,00	
Soit au total		38 785,40 fr.
Les bénéfices seront employés de la façon suivante :		
Réserve légale	1 752,81	
Dividende de 5 pour 100 :		
1° Aux 5000 actions anciennes de 100 fr chacune, soit	25 000,00	
2° Aux 3000 actions nouvelles de 100 fr chacune (jouissance 1er juillet 1912), soit	7 500,00	
Report à nouveau	6 736,86	
		40 989,67
Total		79 775,07 fr.

Le dividende de 5 francs par action sera mis en paiement le 30 avril 1913, sous déduction des impôts établis par la loi de finances.

Troisième résolution. — L'assemblée générale donne quitus définitif de leur gestion à MM. P. Barris, A. Bédoin, M. Bloch, H. Cahen, G. Cordier, G. Durangel, A. Maureau, L. Michel, A. Poirson, L. Terron, arrivés au terme de leur mandat.

Quatrième résolution. — L'assemblée générale nomme Administrateurs pour une durée de six années, sauf l'effet du renouvellement prévu par l'article 17 des statuts, MM. P. Barris, A. Bédoin, M. Bloch, H. Cahen, G. Cordier, G. Durangel, A. Maureau, L. Michel. A. Poirson, L. Terron.

Cinquième résolution. — L'assemblée générale décide qu'il y aura deux commissaires, pouvant agir ensemble ou séparément, pour le rapport à faire à la prochaine Assemblée générale ordinaire, sur les comptes de l'exercice 1913.

Elle nomme pour remplir ces fonctions, MM. Bernard et Tourneux, et elle fixe à 200 francs la rémunération de chacun d'eux.

Sixième résolution. — L'assemblée générale, conformément aux termes de l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, approuve d'une manière générale les opérations faites avec diverses sociétés dont font partie des administrateurs de la Société avignonnaise de l'Électricité et renouvelle, en tant que de besoin, cette autorisation.

Société anonyme du secteur électrique de la Bastille. — Société anonyme française, constitué le 4 novembre 1912, suivant acte reçu par Me Plocque, notaire à Paris.

Siège social : Paris, 21, faubourg Saint-Antoine ; durée : 30 ans.

Objet : Toutes entreprises relatives à la production et à l'utilisation de l'électricité et toutes opérations s'y rattachant et principalement l'exploitation d'une station de production d'électricité, sise à Paris, 21, faubourg Saint-Antoine, précédemment exploitée par M. Israël dit Judic.

Il est apporté à la société : le fonds de commerce d'électricité de M. Judic, sis à Paris, 21, faubourg Saint-Antoine, non compris le matériel, le droit au bail des locaux à usage d'usine, 21, faubourg Saint-Antoine. En rémunération de cet apport, il est attribué à M. Judic, 950 actions de 100 fr entièrement libérées et un droit de 10 pour 100 dans les bénéfices, conformément à l'article 48 des statuts, représenté par 100 parts bénéficiaires.

Capital : 275 000 fr divisé en 2750 actions de 100 fr chacune dont 950 d'apport et 1800 qui ont été souscrites en numéraire et libérées du quart à la souscription, le restant sur appels du conseil.

Après le prélèvement de 5 pour 100 pour la réserve légale, du 1er dividende de 5 pour 100 à servir aux actions, des 10 pour 100 attribués au conseil et tout prélèvement pour réserve, ou de prévoyance, le surplus sera réparti à raison de 90 pour 100 aux actions et 10 pour 100 aux parts.

En outre des 10 pour 100 dans les bénéfices, le conseil a droit à des jetons de présence fixés par l'assemblée.

La société étant constituée du 4 novembre 1912, il n'a pas encore été dressé de bilan.

Les assemblées générales ont lieu à l'endroit fixé par le conseil, convocations faites par avis inséré dans un journal d'annonces légales de la Seine 20 jours à l'avance, excepté pour les assemblées constitutives pour lesquelles aucun délai n'est stipulé.

Société anonyme Saint-Quentinoise d'éclairage, de chauffage, de force motrice et de distribution d'eau. — Société anonyme française. — Siège social à Saint-Quentin (Aisne), 24, boulevard Victor-Hugo. — Objet : 1° l'exploitation des usines à gaz de Saint-Quentin, Corbie, Chantilly, la Fère, Crépy-en-Valois, le Tréport, et de toutes autres que la Société pourrait fonder ou acquérir par la suite ; 2° l'éclairage par le gaz, l'électricité ou par tous autres procédés ; 3° la production de la force motrice en général ; 4° l'obtention, l'achat, la prise à bail et l'exploitation de toutes concessions ou de tous brevets d'invention relatifs à l'éclairage et au chauffage publics et particuliers par le gaz, l'électricité ou tous autres agents, ainsi qu'à toutes les applications industrielles, au service d'alimentation des villes et des campagnes en eau potable ; 5° l'achat et la vente d'actions, parts d'intérêts, obligations et tous autres titres de compagnies déjà existantes ayant le même objet que la présente société, et encore l'achat et la vente d'actions, parts d'intérêts et et d'obligations, et tous autres titres de sociétés de charbonnages, huiles minérales et autres produits pouvant servir à la fabrication du gaz ou de l'électricité ou d'agents lumineux nouveaux qui seraient découverts, et d'autres sociétés ayant pour objet la fabrication d'appareils servant à l'éclairage, au chauffage ou à la force motrice par le gaz, l'électricité ou tous autres procédés, et 6° toutes les constructions, ventes, cessions, location, amodiations ou opérations financières se rattachant aux concessions et entreprises de la société. — Durée : prorogée successivement jusqu'au 31 décembre 1975. — Capital : 2 200 000 francs, divisé en 2200 actions de 1000 francs chacune, toutes nominatives et entièrement libérées. — Assemblées générales : Convoquées par avis publiés quinze jours au moins à l'avance dans un journal d'annonces légales du siège social et par lettres adressées à tous les actionnaires. — Répartition des bénéfices : Sur les bénéfices nets, il est prélevé : 5 pour 100 pour la réserve légale ; sommes préposées par le conseil pour la réserve de de prévoyance ; 2 1/2 pour 100 pour le conseil d'administration ; le surplus est distribué aux actionnaires. — Obligations émises : 4 séries, 1re série créée le 29 avril 1899 pour 1300 obligations de 500 francs 4 pour 100, remboursables dans 25 ans ; 2e série créée le 24 juin 1901 pour 800 obligations de 500 francs 4 pour 100, remboursables dans 35 ans ;

3ᵉ série *bis* créée le 3 octobre 1904 pour 1400 obligations de 500 francs 4 pour 100, remboursables en 33 ans; 4ᵉ série créée le 30 novembre 1912 pour 2000 obligations de 500 francs 5 pour 100, remboursables en 35 années.

Objet de l'insertion: Réalisation d'une augmentation de capital de 1 000 000 de francs par création et émission de 1000 actions nouvelles ordinaires de 1000 francs chacune.

BILAN AU 30 JUIN 1912.

Actif.

Usines et dépendances	6 999 988,05 fr.
Valeurs en portefeuille	101 000,80
Approvisionnements	405 698,95
Débiteurs divers	206 195,97
En caisse	8 775,52
Chez les banquiers	318 755,49
Travaux en cours	60 800,30
Acomptes sur dividendes 1912-1913	107 450,00
	8 208 665,06 fr.

Passif.

Capital	1 100 000,00 fr.
Réserve statutaire	110 000,00
Réserve de prévoyance	1 510 644,00
Obligations	1 750 000,00
Emprunts	450 000,00
Coupons à payer	15 314,87
Créanciers divers	179 905,91
Amortissements	2 678 285,80
Pertes et profits	414 515,88
	8 208 665,06 fr.

Electrique de Loir-et-Cher. — Société anonyme au capital de 3 500 000 francs.

Siège social : 105, rue Saint-Lazare, Paris.

Complément à la notice parue au *Bulletin* des 28 août 1911, 12 février 1912 et 14 avril 1913, concernant l'émission de 7000 obligations de 500 francs 5 pour 100.

BILAN DE L'EXERCICE 1912.

Actif.

Établissement	2 524 920,97 fr.
Débiteurs	3 337 140,93
Portefeuille	3 206 31[illegible]
Primes, remboursement des obligations	87 500,00
Approvisionnement, exploitation (charbon)	4 975,95
Comptes d'ordre	278 429,13
Mise en route de l'exploitation	174 878,79
	9 614 157,27 fr.

Passif.

Capital	3 500 000,00 fr.
Obligations	3 500 000,00
Effets à payer	1 485 000,00
Créanciers	1 129 157,27
	9 614 157,27 fr.

INFORMATIONS

École Supérieure d'Électricité. — PROMOTION XIX. 1912-1913. — *Examens de sortie.* — Le Jury d'examens de sortie, présidé par M. Noël, Sénateur, Directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures, dans la séance du 30 juillet 1913, a accordé le diplôme d'Ingénieur Électricien aux élèves dont les noms suivent :

Officiers délégués par le Ministère de la Guerre :

MM. le capitaine du génie Benoist; le capitaine du génie Dambourgès; le capitaine d'artillerie Barbier; le capitaine d'artillerie Causse; le lieutenant Bénard; le lieutenant d'artillerie coloniale Vignier.

Officiers et ingénieurs délégués par le Ministère de la Marine :

MM. le lieutenant de vaisseau Saglio; le lieutenant de vaisseau Tailleur; le mécanicien principal de 1ʳᵉ classe Blanc; le mécanicien principal de 1ʳᵉ classe Berhaut; l'ingénieur de 1ʳᵉ classe du génie maritime Séry; l'ingénieur de 1ʳᵉ classe du génie maritime Cartier; l'enseigne de vaisseau Tenot; l'enseigne de vaisseau Rosati; l'enseigne de vaisseau Larrousse; l'enseigne de vaisseau Vuillemin; l'enseigne de vaisseau Balazuc; l'enseigne de vaisseau Guierre.

Élèves-ingénieurs des télégraphes :

MM. Hamel; Remaugé; Ruat; Valensi.

Élèves réguliers :

MM. Carbenay; Lacabe-Plasteig; Aujoulet; Ferry; Perronnet; Ilus; Audy; Médan; Bret; Chemin; Delalande; Servais; Schlumberger; Pignal; Calmettes; Furet; Delonca; Génini; Tissier; Lefrançois; Cauvin; de Larminat; Usaroviez; Barrau; Vaubuisson; Vanberzeeke; Broussier; Boudeville; Faucher; Sauvètre; Dejoulx; Bardin; Delbé; Libord; Babicki; Jougla; Beauvais; Morange; Tisserand; Meneau; George; Leclerc; Versel; Maëder; Robert; Lalau Keraly; Lefebvre; Feron; Sterman; Vuillermoz; de Lanouvelle; Guérard; Baudin; Besana; Segol; Merle; Michoulier; Brizon; Boulay de la Meurthe; Kerbastard; Chivalet; Bergaud; Saint-Guilhem; Séjourné; Violette; Lognos; Lemaire; Fayolle; Lypaczewski; Lernould; Kernéis; Collière; Baize; Épergue; Grelet; Barros Fernandez; Durousset; Malbet; Cohn; Landegren; Satre; Bonaventure; Pénard.

Ancien élève (1911-1912) :

M. Hamelin.

Vétérans (1911-1912) :

MM. Lalanne; Sirghi; L'hermitte; Goby; Larré.

Vétéran (1910-1911) :

M. Brunot.

BIBLIOGRAPHIE

Formulaire de l'électricien et du mécanicien de Ed. HOSPITALIER, 27ᵉ édition, par G. ROUX. — Un vol. de 1300 pages. — *Masson, éditeur.*

Cet ouvrage, dont l'éloge n'est pas à faire et qui est universellement connu, est chaque année l'objet de modifications qui le maintiennent constamment au courant des progrès incessants de la science électrique. La 27ᵉ édition que nous présentons à nos lecteurs, loin de faire exception à la règle, diffère de ses devancières par de profonds remaniements et de très importantes additions. C'est ainsi que l'on y trouve un chapitre nouveau, celui de la traction, et que d'autre part ceux de l'électrochimie, de l'électrométallurgie ont été largement développés. Un chapitre nouveau a été consacré aux exploitations d'énergie électrique dans lequel on trouve des chiffres permettant d'établir les bases des frais d'établissement des réseaux, stations centrales, etc. Enfin la jurisprudence en matière électrique qui devient de plus en plus importante a été complètement mise à jour.

Pour arriver à introduire sans trop de difficultés de tels développements il a fallu élaguer certaines parties, notamment l'électrostatique, l'électrodynamique, etc., de façon à les soulager de tout ce qui ne présentait plus d'intérêt immédiat. Grâce à cela on a pu introduire près de 400 pages de texte nouveau en augmentant seulement d'une centaine de pages l'importance du volume. La table des matières, également plus développée, permettra de trouver plus facilement les renseignements dont on aura besoin. Admirablement imprimé, cet ouvrage sera certainement apprécié par tous ceux que leurs occupations dirigent vers la mécanique ou l'électricité.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boîte aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. T., à Paris. — Le béton armé donne aux contraintes les valeurs suivantes, 25 kg : cm² pour le béton à la compression et 10 ou 12 kg : cm² pour le fer et l'acier à la traction.

M. L., à Tours. — Vous trouverez des lampes à vapeur de mercure en tube de quartz aussi bien pour la stérilisation que pour l'éclairage des grands espaces en vous adressant à la *Société des établissements Gallois*, 104, rue de Maubeuge, à Paris, ou à la *Westinghouse Cooper-Hewitt C°*, 11, rue du Pont, à Suresnes.

M. A., à Bruxelles. — Il convient de ne pas dépasser une force portante de 10 kg : cm² pour des noyaux de fer d'électro-aimant et 2 kg : cm² pour des noyaux en fonte.

M. S., à Reims. — Il vous suffira d'adopter des compteurs à prépaiement, qui se construisent très couramment aujourd'hui; les constructeurs vous les régleront pour marcher dans les conditions qui vous intéressent.

M. K., à Dijon. — Une lampe à filament métallique qui paraît hors de service peut, dans certains cas, se rallumer en l'agitant tandis qu'elle est sur le courant qui l'alimente. Les bouts cassés du filament peuvent ainsi arriver à se toucher et se soudent facilement. Ce phénomène a été souvent utilisé pour remettre en fonctionnement des lampes dont le filament était rompu; il n'est pas applicable aux lampes à filament ordinaire en charbon.

M. M. à Nice. — Vous pourrez réaliser un système de commande à distance en utilisant un des procédés que nous avons décrits dans *L'Industrie électrique* du 25 janvier 1909, p. 29.

INFORMATIONS

École supérieure d'électricité. — La troisième session de la section spéciale de radiotélégraphie s'ouvrira le 15 novembre prochain pour se prolonger jusqu'au 15 février. Bien que la plupart des élèves de cette section soient des officiers délégués par les ministères de la Guerre, de la Marine et des Colonies, quelques places disponibles sont attribuées sans examen aux personnes dont les titres sont reconnus suffisants par le Conseil de perfectionnement de l'école.

SOCIÉTÉS

Secteur électrique de la vallée de l'Oise. — Société anonyme française au capital de 500000 fr, divisé en 5000 actions de 100 fr, entièrement libérées. Siège social à Chauny (Aisne), rue du Faubourg-du-Pissot, n° 9. Statuts reçus par Mᵉ Parmentier, notaire à Chauny. Durée : quarante ans, à compter du 5 avril 1912.

Aux termes d'une délibération de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires en date du 23 mai 1913, il a été décidé :

Que le capital social sera augmenté de 500 000 francs, par l'émission au pair de 5000 actions de 100 francs et que par suite le capital serait porté à 1 million de francs.

Que le conseil d'administration est autorisé à réaliser cette augmentation de capital par l'émission, en une ou plusieurs fois, dans la forme et de la manière qu'il jugera convenables, des actions nouvelles, en se conformant aux statuts et à la loi, et tous pouvoirs lui ont été donnés à cet effet par l'assemblée générale.

Que le conseil d'administration (l'augmentation étant opérée en une ou plusieurs tranches), après que les actionnaires auront exercé leur droit de préférence dans le délai qui leur aura été imparti, est autorisé à arrêter l'émission en cours à tel moment qu'il jugera opportun, et à ramener au total des souscriptions obtenues jusque-là le montant de l'augmentation du capital social.

Que les actions nouvelles seront payables, savoir : un quart lors de la souscription, et le surplus aux époques et dans les proportions qui seront fixées par le conseil d'administration, mais que néanmoins les souscripteurs pourront libérer entièrement leurs actions, lors du versement du premier quart. Que ces actions nouvelles seront soumises à toutes les dispositions statutaires; qu'elles seront assimilées aux actions actuelles et jouiront des mêmes droits à partir du jour de l'assemblée générale des actionnaires qui aura reconnu la sincérité de la déclaration de la souscription des actions nouvelles; que les intérêts et dividendes revenant aux actions nouvelles commenceront à courir du premier jour de la souscription pour le premier versement, ou de l'appel de chacun des autres quarts et proportionnellement aux sommes versées.

Compagnie Parisienne du secteur Opéra. — Législation française. — Siège social : 43, boulevard Haussmann.

Objet : Toutes entreprises relatives à la production et à l'utilisation de l'électricité, fabrication, vente, achat de tout matériel concernant l'emploi de l'eau, l'air ou l'électricité, et toutes opérations mobilières et immobilières s'y rattachant.

Durée : 50 années du 9 décembre 1910.

Capital : 450 000 francs, divisé en 1800 actions de 250 francs chacune, dont 400 d'apport et 1400 souscrites en numéraire.

Apports : MM. Lorféuvre et Bassan ont apporté le droit au bail d'un local à usage d'usine sis 8, place de l'Opéra, et le bénéfice de divers contrats, soins, démarches, etc., en rémunération de quoi ils ont reçu 60 000 francs en espèces et 400 actions d'apport.

Bénéfices : 5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 aux actions; sur le surplus, 10 pour 100 au conseil, 90 pour 100 aux actions ou à toutes réserves, suivant décision de l'assemblée.

L'assemblée générale se réunit dans les six premiers mois de chaque année.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912

Actif.

Apports	150 000,00 fr.
Premier établissement	155 955,47
Matériel, outillage et mobilier	111 619,10
Loyer d'avance, cautionnement et débiteurs divers	100 567,67
Caisse et banque	11 446,10
Total	529 588,34 fr.

Passif.

Capital	450 000,00 fr.
Créditeurs divers et effets à payer	79 588,34
Total	529 588,34 fr.

Société d'éclairage, chauffage et force motrice de la vallée du Doubs. — Société anonyme française, objet : l'exploitation de tous modes d'éclairage, de chauffage et de

force motrice, tous services municipaux d'éclairage, chauffage et force motrice, la fabrication et la vente de tous produits accessoires, l'exploitation de toutes opérations commerciales, industrielles, mobilières ou immobilières et financières en dérivant.

Il a été apporté à la Société le bénéfice de contrats de concession passées avec les communes de Valentigney, Seloncourt, Hérimoncourt, Exincourt.

En représentation de cet apport, il est attribué à M. Gabriel Chamon, demeurant à Paris, 4, avenue Van-Dyck, et à M. Francis Rouland, demeurant à Neuilly-sur-Seine, 70, rue Charles-Laffitte, apporteurs :

1° 200 actions de 100 francs libérées et une somme de 5000 francs pour être remis à la Société électrique de Belchamp;

2° 100 actions de 100 francs chacune, entièrement libérées.

Capital : 400 000 francs divisé en 4000 actions de 100 fr. dont 300 actions d'apport et 3700 actions à souscrire en numéraire.

Répartition des bénéfices : 1° 5 pour 100 à la réserve légale jusqu'à ce qu'elle atteigne le dixième du capital; 2° la somme nécessaire pour servir un premier dividende de 5 pour 100 sur le montant versé et non amorti des actions; le surplus 10 pour 100 au conseil d'administration et le solde aux actionnaires qui en disposent en assemblée générale.

Les administrateurs ont droit à des jetons de présence dont l'importance est fixée par l'assemblée générale.

Exercice social du 1er au 31 décembre : assemblée générale dans les six mois de clôture de l'exercice, convoquée 20 jours d'avance par avis dans un journal de Montbéliard; délai de convocation réduit à 10 jours pour les assemblées extraordinaires, à 2 jours et 6 jours pour les assemblées constitutives.

Siège social à Seloncourt.

Durée : 50 années de la constitution définitive.

Statuts en l'étude de M. Paul Bloch, notaire à Montbéliard.

Il n'y a pas encore été dressé de bilan.

L'Entreprise électrique. (Anciens services électriques des établissements Bagués frères.) — Société anonyme française en formation à Paris, 8, rue Nouvelle.

Installations générales électriques, entreprise de tous travaux concernant l'électricité et les industries qui s'y rapportent; fabrication, achat, vente, location et représentation de tout le matériel touchant l'électricité à l'exclusion de la fabrication de la lustrerie de bronze et de la ferronnerie d'art, et, en général, toutes opérations industrielles, commerciales ou financières s'y rattachant — 99 ans. — Capital : 1 800 000 fr en actions de 500 francs, dont 345 000 francs en actions ordinaires entièrement libérées en rémunération des apports faits par MM. Bagués frères et 1 450 000 francs à souscrire en espèces, le premier quart à verser au moment de la souscription. — Aucun bilan n'a été dressé. — Bénéfices : 5 pour 100 à la réserve légale, 6 pour 100 aux actions privilégiées sur le capital libéré, puis 6 pour 100 aux actions ordinaires; sur le solde, 15 pour 100 au conseil d'administration et le surplus conformément aux décisions de l'assemblée générale. Tout actionnaire peut assister aux assemblées; convocation par un journal d'annonces légales de Paris, 15 jours à l'avance pour les assemblées ordinaires et 5 jours pour les assemblées extraordinaires.

Société d'éclairage, chauffage et force motrice de Montbéliard et extensions. — Société anonyme française. Objet : l'exploitation de tous modes d'éclairage, de chauffage et de force motrice, tous services municipaux d'éclairage, chauffage et force motrice, la fabrication et la vente de tous produits accessoires, l'exploitation de toutes industries se rattachant à l'objet, et toutes opérations commerciales, financières, industrielles mobilières ou immobilières en dérivant.

Il a été apporté à la société par le fondateur, le bénéfice d'un contrat de concession passé avec la ville de Montbéliard, cet apport est rémunéré par l'attribution de 500 actions de 100 francs entièrement libérées.

Capital 800 000 francs divisé en 8000 actions de 100 francs dont 500 d'apport et 7500 à souscrire en numéraire.

Répartition des bénéfices : 1° 5 pour 100 à la réserve légale jusqu'à ce qu'elle atteigne le dixième du capital; 2° la somme nécessaire pour servir un premier dividende de 5 pour 100 sur le montant versé et non amorti des actions; le surplus : 10 pour 100 au conseil d'administration et le solde aux actionnaires qui en disposent en assemblée générale.

Les administrateurs ont droit à des jetons de présence dont l'importance est fixée par l'assemblée générale.

Exercice social du 1er janvier au 31 décembre; convocations par avis dans un journal de Montbéliard 20 jours d'avance pour les assemblées ordinaires, 10 jours pour les assemblées constitutives.

Siège social à Montbéliard.

Durée : 50 années.

Statuts en l'étude de M. Paul Bloch, notaire à Montbéliard.

Il n'a pas encore été dressé de bilan.

Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité (Compagnie d'électricité de Limoges). — Exercice 1912. — Rapport du Conseil d'Administration *à l'Assemblée générale ordinaire des Actionnaires du 28 avril 1913.* — Messieurs : Les comptes de 1912, que nous soumettons à votre approbation, présentent de bons résultats.

Nos recettes totales d'éclairage et de force motrice se sont élevées à la somme de.	1 154 896,70 fr.
Contre, en 1911	1 035 454,60
D'où il résulte une augmentation, en 1912, de. . .	119 442,10 fr.

L'augmentation de 1911 sur 1910 avait été de 75 136,30 fr.

Nos dépenses d'exploitation se sont élevées en 1912 à	376 028,15 fr.
Contre, en 1911	351 680,10
D'où une augmentation, en 1912, de.	24 348,05 fr.
Les bénéfices d'exploitation s'élèvent ainsi en 1912 à	778 868,55 fr.
Contre, en 1911	683 774,00
Ce qui constitue une augmentation, en 1912, de . .	95 094,05 fr.

L'augmentation des bénéfices d'exploitation de 1911 sur 1910 avait été de 36 276,20 fr.

Le chiffre des bénéfices d'exploitation tend, comme vous le voyez, à se rapprocher de plus en plus du chiffre même de l'accroissement des recettes, et cela, quoique nous ayons eu à supporter en 1912 et à engager pour cette année une dépense plus élevée pour l'entretien de nos batteries d'accumulateurs.

Le nombre d'abonnés branchés sur le réseau était, au 31 décembre 1912, de 3219, soit :

A Limoges.	3082	
A Lubersac	137	
		3219 abonnés.
Contre, au 31 décembre 1911 :		
A Limoges.	2716	
A Lubersac	131	
		2847
Ce qui constitue, pour 1912, une augmentation de.		372 abonnés.

L'augmentation du nombre d'abonnés de 1911 sur 1910 avait été de 277.

Travaux de canalisation en 1912. — Pendant l'année 1912 nous avons continué à étendre notre réseau de canalisations à Limoges :

Il a été posé :

La suite page 235.

1,210 km de câbles armés à 3 conducteurs de 50 et 100 mm² de section à basse tension.

0,996 km de câbles armés à 3 conducteurs de 10, 15, 25 et 50 mm² de section à haute tension.

Et 0,105 km de lignes aériennes à 120 volts constituées par 3 conducteurs nus de 30 mm² de section.

Par contre, il a été supprimé 200 m de lignes aériennes à 120 volts constituées par 3 conducteurs nus de 50 mm² de section.

Il a été construit en outre 7 nouveaux postes de transformateurs d'une puissance totale de 330 kv-A.

Le nombre des postes de transformateurs établis à Limoges au 31 décembre 1912 est de 156 contre 149 au 31 décembre 1911.

Ces postes renferment 160 transformateurs en fonctionnement représentant une puissance de 5901 kv-A contre, au 31 décembre 1911, 153 transformateurs en fonctionnement, représentant une puissance de 5571 kv-A.

Compte de premier établissement.

Notre compte de premier établissement s'est augmenté en 1912 de	183 568,90 fr.
Ce qui le porte au bilan du 31 décembre 1912 à	8 750 282,92

Cette augmentation tient surtout aux travaux de canalisation dont nous venons de parler et au règlement de comptes définitifs avec nos divers entrepreneurs et fournisseurs pour les installations du nouveau matériel en 1911.

Elle se décompose comme il suit :

Usine et réseau de Limoges	172 900,55 fr.
Usine de la Vézère	10 668,35
Total	183 568,90 fr.

Ces chiffres comprennent eux-mêmes :

Pour Limoges :	
Solde des travaux d'installation pour les bâtiments, la chaufferie, la machinerie et divers	40 883,15 fr.
Canalisations et branchements	119 455,80
Installations gratuites et outillage	12 563,60
Total	172 900,55 fr.
Pour la Vézère :	
Achat de terrain	5 730,70 fr.
Turbines	3 907,75
Outillage	1 029,90
Total	10 668,35 fr.

Compte de Profits et Pertes.

Nos recettes totales en 1912 se sont élevées pour l'éclairage à Limoges à	557 860,75 fr.
Et, pour la force motrice et fournitures diverses de courant à Limoges et en dehors, à	597 035,95
Total	1 154 896,70 fr.
Les dépenses d'exploitation ont été, comme il est dit plus haut, de	376 028,15
Laissant un bénéfice de	778 868,55 fr.
Auquel il faut ajouter, pour recettes diverses, locations et bénéfices provenant du compte Marchandises en magasin	8 721,10
Ensemble	787 589,65 fr.

Le rapport des dépenses d'exploitation aux recettes d'éclairage et de force motrice, qui avait été de 33,9 pour 100 en 1911, a été ainsi ramené à 32,5 pour 100 en 1912.

Du bénéfice brut ci-dessus, soit	787 589,65 fr.
Nous avons déduit avant inventaire le solde du compte Entretien d'Installations, frais dont il nous paraît plus juste de passer à l'avenir le montant aux frais généraux d'exploitation	38 231,10
Reste	749 358,55 fr.
De ces bénéfices bruts il y a lieu de retrancher le montant des Frais généraux	33 244,75
Reste	716 113,80 fr.
Report	716 113,80 fr.
Les charges du service financier, coupons d'obligations, primes d'amortissement et divers, se sont élevées à	233 989,55
Ce qui laisse un chiffre de bénéfices nets de	482 124,25 fr.

contre 444 704,32 fr en 1911.

Répartition des bénéfices.

Sur le chiffre des bénéfices nets, ci	482 124,25 fr.
Il y a d'abord à prélever pour amortissement des obligations en 1912	25 854,15
Reste	456 270,10
Sur lesquels nous vous proposons d'affecter une somme de	260 480,63
Au compte Réserves pour amortissements divers, ce qui ramène à	195 789,47 fr.

la somme disponible pour la réserve légale, le dividende et l'amortissement des actions.

Soit :

Réserve légale	9 789,47 fr.
Répartition d'un dividende de 6 pour 100 à toutes les actions, privilégiées ou ordinaires	171 000,00
Dotation du Fonds d'amortissement des actions	15 000,00
Total égal	195 789,47 fr.

Si vous approuvez ces attributions, vos différents comptes de réserves s'élèveront aux chiffres suivants :

Réserve légale	230 903,87 fr.
Réserves pour amortissements divers	1 601 510,55
Fonds d'amortissement du capital des actions	88 765,40
Ensemble	1 921 179,82 fr.

Nous espérons, Messieurs, que vous voudrez bien vous unir à nous pour renouveler à notre personnel le témoignage de satisfaction que nous lui adressons ici chaque année pour le zèle et pour le dévouement dont il ne cesse de faire preuve.

Aux termes de l'article 27 de nos statuts, les pouvoirs de trois de vos Administrateurs, MM. Breton de la Leyssonie, A. Duchemin et J. de Lapisse, sont expirés; nous vous proposerons tout à l'heure leur réélection.

Vous aurez également à procéder à la nomination de vos Commissaires pour l'exercice courant.

RAPPORT DES COMMISSAIRES DES COMPTES. — Messieurs, En accomplissement de la mission que vous avez bien voulu nous confier dans votre dernière Assemblée générale, nous avons l'honneur de vous présenter notre rapport sur les comptes de l'exercice 1912.

Nous avons constaté que le bilan soumis à votre approbation est conforme à vos écritures.

En le comparant avec celui de l'exercice précédent, vous remarquerez que le compte Premier Établissement a encore augmenté de 183568,90 francs.

Les chapitres suivants, formés par les Compteurs, les Titres en portefeuille et les Marchandises en magasin, ne comportent pas d'observations spéciales.

Les Débiteurs divers ont diminué de 80888,15 fr, dont 25241,60 fr sur les sommes dues par les abonnés, et le surplus par l'amortissement de dépenses d'entretien d'installations, qu'il n'y avait plus lieu de laisser figurer sous cette rubrique.

Vos Disponibilités en caisses et en banques s'élevaient, au 31 décembre dernier, à 42754,50 fr, au lieu de 186264,25 fr à la fin de l'exercice précédent.

Le compte Primes de Remboursement sur obligations a diminué de 12645,85 fr par le remboursement d'un nombre correspondant d'obligations.

Vous remarquerez enfin l'apparition à l'Actif d'un compte Effets à recevoir que vous n'aviez pas l'habitude d'y voir figurer. Il ne s'élève, du reste, qu'à 10000 francs provenant du règlement d'une affaire litigieuse.

Au Passif, le montant des obligations a diminué de 38500 fr par suite du remboursement de 77 titres.

Par contre, les diverses Réserves ont augmenté de 289204,65, dont 21114,19 francs pour la Réserve légale, 25152,10 fr pour les obligations amorties, 223762,75 fr pour l'amortissement du Matériel et 19175,40 fr pour le Fonds d'amortissement des actions.

Les comptes Créanciers divers ont été réduits de 309280,21 fr, ce qui explique la faiblesse de vos disponibilités.

Quant au compte de Profits et Pertes, il accuse un solde créditeur de 482124,25 fr, qui se compose entièrement des produits de l'exercice, puisqu'il n'y a pas eu de solde reporté l'année dernière. L'augmentation des bénéfices, d'une année à l'autre, est de 57419,95 francs.

Nous vous proposons, Messieurs, d'approuver les comptes et le bilan tels qu'ils vous sont présentés par le Conseil d'administration.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912

Actif.

Apports	500 000,00 fr.
Premier établissement :	
Terrains, constructions et installations :	
Années antérieures	8 566 711,02
Année 1912	185 568,90
Compteurs	52 850.60
Marchandises en magasin	104 589.50
Titres en portefeuille	52 274,45
Débiteurs divers :	
Abonnés	243 495,25
Cautionnement et avances diverses	6 574,60
Effets à recevoir	10 000.00
Caisses et banques	42 754,50
Primes de remboursement sur obligations	2 001 568.25
Impôts sur titres	16 791,84
Total	11 781 161,71 fr.

Passif.

Capital	2 850 000,00 fr.
Obligations en circulation :	
4 pour 100	1 425 000.00
3 pour 100	4 737 000,00
Réserve légale	221 114,40
Réserve pour amortissements divers	1 315 175,77
Fonds d'amortissement du capital actions	73 765.40
Créditeurs à termes échelonnés	564 146,45
Avances sur canalisations	5 886.45
Obligations amorties restant à rembourser	11 500,00
Coupons échus restant à payer	21 347,19
Réserve pour Entretien d'accumulateurs	32 670,65
Comptes d'ordre	21 151,15
Profits et pertes : Exercice 1912	482 124,25
Total	11 781 161,71 fr.

COMPTES DE PROFITS ET PERTES

Débit.

Dépenses d'exploitation	414 259.25 fr.
Dépenses d'administration	33 244,75
	447 504,00
Service financier	233 989.55
	681 495,55
Balance	482 121,25
Total	1 163 617,80 fr.

Crédit.

Recettes d'exploitation	1 154 896.70 fr.
Recettes diverses	8 721,10
Total	1 163 617.80 fr.

RÉSOLUTIONS PRÉSENTÉES A L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DES ACTIONNAIRES ET VOTÉES A L'UNANIMITÉ. — *Première résolution.* — L'Assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et celui des Commissaires, approuve les rapports ainsi que le bilan et les comptes de l'exercice 1912 tels qu'ils lui sont présentés, et fixe à 6 pour 100 le dividende de cet exercice.

Deuxième résolution. — Le dividende de l'exercice 1912, fixé à 6 pour 100, soit 6 francs par action de 100 francs, privilégiée ou ordinaire, sera mis en paiement à partir du 1er mai 1913 aux caisses du Crédit Mobilier Français, 30 et 32, rue Taitbout, à Paris, à raison de :

5,76 fr par action privilégiée ou ordinaire nominative, sur présentation du certificat ;

5,45 fr par action privilégiée au porteur, contre remise du coupon n° 14 ;

5,45 fr par action ordinaire au porteur, contre remise du coupon n° 12.

Troisième résolution. — L'Assemblée générale nomme Administrateurs pour six ans, dans les termes de l'article 27 des statuts, MM. Breton de la Leyssonie, A. Duchemin et J. de Lapisse.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale nomme Commissaires des comptes pour l'exercice 1913, MM. E. Blanchard et H. Picard.

Elle fixe à 500 francs la rémunération de chacun d'eux.

En cas de démission, empêchement ou décès de l'un des commissaires, l'autre résume tous les pouvoirs.

Cinquième résolution. — L'Assemblée confirme, en tant que de besoin, à ceux des administrateurs qui feraient partie d'autres sociétés ou entreprises avec lesquelles la Compagnie aurait à traiter, l'autorisation prévue par l'article 34 des statuts.

BIBLIOGRAPHIE

The design of Alternating Current Machinery, par JAMES BARR et R. ARCHIBALD. — Un vol de 500 pages 14 cm × 22 cm. — *Whittaker and Co*, éditeurs, Londres.

Cet ouvrage traite d'une façon remarquable la construction pratique du matériel électrique à courant alternatif.

A côté des notions théoriques nécessaires que l'auteur rappelle, on trouve une foule de détails pratiques de construction qui seront vivement appréciés par tous ceux qui s'occupent de l'établissement de machines électriques à courant alternatif.

De nombreuses figures, dont un certain nombre en couleurs (celles relatives aux bobinages), rendent la lecture de l'ouvrage attrayante et facile. Un chapitre traite de l'isolement, il est suivi d'une étude complète de la construction des transformateurs puis des alternateurs, notamment des turbo-alternateurs, et se termine par un chapitre sur les convertisseurs rotatifs.

La chose la plus remarquable à notre avis pour un ouvrage entièrement écrit en anglais est que toutes les dimensions sont exprimées en unités métriques ; il y a là un point capital qui ne saurait nous laisser indifférents ; aussi recommandons-nous vivement la lecture de cet ouvrage à tous ceux que la construction intéresse, c'est le vrai manuel de l'ingénieur-constructeur en ce qui concerne les machines à courants alternatifs. La traduction d'un tel ouvrage en français serait certainement appréciée par les constructeurs, espérons qu'elle se fera.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. A., à Paris. — Les pertes par hystérésis dans des tôles de qualité courante sont pour la fréquence de 50 p:sec., 4 watts par kilogramme avec une induction de 6000 gauss, 11 w:kg avec $\mathcal{B}=10000$ et 22 watts par kg si $\mathcal{B}=14000$.

M. S., à Marseille. — Vous trouverez dans l'Annuaire du Syndicat des usines d'électricité tous les renseignements qui vous intéressent concernant les Sociétés électriques, vous y trouverez aussi les distributions d'énergie électrique classées très exactement.

M. N., à Pau. — Avec 50 ampères sous 500 volts l'arc peut se maintenir sur un écartement de 55 mm; mais si vous prenez une distance de rupture de 100 mm, vous avez beaucoup de chances pour que l'arc ne se maintienne pas.

M. D., à Nice. — Un fer à souder életrique absorbe près de 200 watts, mais il permet de faire un grand nombre de soudures car il se maintient à une température presque constante, il est plus commode à manier qu'un fer à gaz.

M. D., à Nancy. — Les lampes à arc renversé fonctionnent difficilement par 3 en série sur 110 à 120 volts; il vaut mieux n'en mettre que deux avec un rhéostat.

M. D., à Toulon. — Les lampes à magnétite sont fabriquées aux États-Unis par la General Electric C°, à Shenectady.

INFORMATIONS

Les accidents dus à l'électricité. — M. le docteur Gerbis a fait aux ingénieurs électriciens de l'importante société de produits chimiques : Badische-Anilin und Soda Fabrik une conférence sur l'action du courant électrique sur le corps humain et les soins à donner aux victimes.

La résistance électrique du corps humain est constituée en grande partie par celle de la peau, qui varie naturellement suivant l'état de cette dernière; il est certain que la résistance est grande quand le contact est établi par la paume de la main ou le dessous du pied, qui sont durs et recouverts de durillons, que par les autres parties du corps. D'après Jellenick, le spécialiste viennois, la résistance totale du corps humain varie entre 30000 et 40000 ohms, quand les contacts sont établis du dessus des mains et au ventre, et de 16000 à 80000 ohms, quand ils sont établis aux mains et aux pieds. Si l'on ne tient pas compte de la résistance de la peau, la résistance du corps humain est de 1000 ohms environ. La résistance du corps est donc négligeable, devant celle de la peau et cette dernière varie suivant qu'elle est dure ou tendre, sèche ou humide.

Il est en outre évident que la résistance de contact est très grande, par exemple, si le sujet à des souliers secs et sans clous.

On peut donc comprendre qu'un homme ayant les pieds nus placés dans une solution de mélasse et de potasse ait été tué pour avoir touché un fil nu, à la tension de 95 volts tandis qu'un autre a pu être rappelé à la vie après avoir été cinq minutes en contact avec une canalisation à 5500 volts.

A part naturellement les brûlures, il est intéressant de constater qu'il entre également un facteur moral dans les suites de l'action du courant; celui sur lequel le courant agit d'une manière inattendue a en général plus à souffrir que celui qui est averti. On a également souvent constaté que des personnes ivres n'ont eu que des brûlures dans des cas qui auraient été mortels pour des personnes à l'état normal. Dans les expériences sur les animaux, on a constaté que ceux endormis par un narcotique peuvent supporter des courants qui les tueraient. Le courant électrique a une grande influence sur la circulation; quand la victime se contracte violemment le système des veineux-capillaires se resserre, de sorte que la pression artérielle doit augmenter et il peut en résulter des accidents, surtout si la victime est âgée.

L'action du courant peut au contraire avoir pour effet d'élargir les veines, de sorte que la pression artérielle diminue et que le cœur s'arrête.

En général, l'action du courant continu fait augmenter la pression artérielle et celle du courant alternatif la fait diminuer; un courant de 150 p: sec. provoque l'arrêt complet du cœur.

L'élévation de température due à la résistance du corps est également dangereuse : les liquides se dilatent et pressent sur le système nerveux, particulièrement dans le cerveau; il faut avoir bien soin quand on soigne une personne qui a été électrocutée, de relever sa tête, afin de ne pas faire encore augmenter la pression dans le cerveau. L'élévation de température n'est pas négligeable : on a parfois constaté des températures de 40° après la mort.

M. Gerbis a ensuite parlé des soins à donner, de la respiration artificielle, etc., et recommande particulièrement : 1° de ne jamais mettre la victime brusquement debout, mais de la transporter couchée; 2° de ne jamais lui donner à boire, ce qui pourrait entraîner l'asphyxie.

SOCIÉTÉS

Société anonyme d'éclairage électrique du secteur de la place Clichy. — Rapport présenté par le conseil d'administration *à l'assemblée générale ordinaire du 27 juin 1913.* — Messieurs, nous avons à peine besoin de rappeler, comme dans les assemblées précédentes, les conditions spéciales dans lesquelles notre Société bénéficie des résultats d'exploitation de son secteur ; les recettes correspondant au débit d'énergie de l'année 1905 sont attribuées à chaque secteur sur des bases invariables ; le surplus revient au Comité de l'Union des secteurs qui partage entre les six secteurs, suivant des proportions fixées d'avance, le produit net qu'il juge distribuable une fois ses dépenses propres payées. C'est la masse commune seule qui est atteinte par les fluctuations favorables ou accidentelles résultant des événements et des oscillations de la consommation.

La situation n'a pas laissé d'être favorable pendant l'exercice 1912. La consommation de la clientèle des secteurs a augmenté par rapport à 1911 de 16 pour 100, et les recettes brutes ont progressé de 12 pour 100. Dans ces conditions, la participation au produit net du Comité de l'Union des Secteurs a augmenté pour notre Société de 268657 francs, et notre bénéfice apparaît supérieur de 272000 francs environ.

Mais nous ne devons pas perdre de vue que cet exercice est l'avant-dernier du régime sous lequel notre Société participe, par son action directe, à la distribution de l'électricité dans Paris et à ses résultats immédiats.

Il a paru intéressant au Conseil, dans ces conditions, de conserver encore à cette année le caractère transitoire de la période qui se termine, et d'achever de dégager les dernières contingences défavorables, par des dépréciations qui écarteront toute surprise fâcheuse dans les comptes de l'exercice prochain. L'Assemblée Générale de 1914 se trouvera ainsi en présence d'une situation absolument nette qui fera apparaître le résultat final de l'exploitation parisienne de notre Société. Les actionnaires pourront alors, en parfaite connaissance de

cause, envisager le lendemain d'un caractère différent, qui a déjà été préparé de longue date par la constitution des Filiales d'accord avec les votes des Assemblées générales précédentes, lendemain qui pourra encore, s'ils le jugent convenable, être consolidé et développé dans la région parisienne et même ailleurs, comme le permettent les Statuts.

Usine. — Les sous-stations de la rue Puteaux et de la rue Pasquier ont continué à assurer seules le service.

Réseau. — Nous avons posé, cette année :

1558 mètres de feeders ; 1658 mètres de sous-feeders; 2195 mètres de canalisations à cinq fils ; les dépenses étant au compte de la Compagnie Parisienne de distribution d'électricité.

Polices. — Le nombre de nos polices en service au 31 décembre 1912, était de 20240, représentant un nombre d'hectowatts de 367420, alors qu'il était au 31 décembre 1911, de 17762 polices et 332420 hw. Au 31 décembre 1906, vers la fin de notre concession primitive, ce nombre de polices n'était que de 10147, l'accroissement est ainsi de 100 pour 100.

Consommation. — L'accroissement de consommation dans la même période écoulée depuis 1906, est de 105,56 pour 100 : 113243497 hw-h contre 55088850 hw-h.

Nous donnons ci-après le bilan et le compte de Profits et Pertes.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912

Actif.

Dépenses de premier établissement, amortissements déduits	792 104,00
Magasin, existences à l'inventaire	127 971,55
Cautionnements	175 899,00
Caisse et débiteurs divers	5 055 599,41
Maisons de rapport	247 491,80
Valeurs en portefeuille	11 679 447,39
	18 076 513,15 fr.

Passif.

Capital	6 000 000,00 fr.
Réserve légale	600 000,00
Réserve spéciale	1 180 000,00
Amortissement (art. 51 des Statuts)	6 000 000,00
Créanciers divers	3 184 852,05
Coupons à payer	11 661,10
Compte de profits et pertes (solde créditeur)	1 100 000,00
	18 076 513,15 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Débit.

Frais généraux des travaux neufs	101 553,70 fr.
Dépréciations diverses	254 236,94
Dépréciations des valeurs en portefeuille	212 770,16
Droits d'usage du matériel cédé	391 968,23
Solde créditeur	1 100 000,00
	2 060 529,03 fr.

Crédit.

Bénéfice de l'année 1912	2 060 529,03 fr.

Voici quelques explications concernant les comptes :

Bilan. — A l'*Actif*, le « Compte de premier établissement » figure encore pour 792104 fr contre 960158,14 au 31 décembre 1911.

Ce chapitre est en diminution par suite de diverses dépréciations que nous lui avons fait subir.

Ce compte comprend principalement l'immeuble du siège social dont nous avons ramené la valeur à celle de la réalisation qui résultera du prix envisagé pour la vente à la C. P. D. E. (750000 fr.)

Le « Magasin » est passé de 205458,75 fr à 127971,55 fr.

Nous avons également fait subir une dépréciation à ce compte, de manière à ce que sa réalisation ne puisse donner lieu à aucun mécompte.

Le « Cautionnement » figure pour la valeur exacte cotée en bourse fin décembre.

Le poste « Maisons de rapport » figure pour 247491,80 fr, comme l'année dernière.

Il ne reste plus que la propriété, 17, rue Pasquier.

Les « Débiteurs divers » figurent pour 5055599,41 fr au lieu de 2824170,06 fr l'année dernière.

Les « Valeurs en portefeuille » sont portées pour 11679447,39 fr contre 11892217,55, l'année dernière ; par une mesure de prudence extrême, nous avons, en raison de certaines menaces de concurrence dans la banlieue, admis une dépréciation dont le caractère peut n'être pas permanent.

Au *Passif*, le capital de 6000000 de francs reste doublé d'un poste égal de 6000000 de francs, qui a été constitué conformément à l'article 51 des statuts et employé, ainsi que les réserves, en fonds de roulement et valeurs de portefeuille, en vertu des autorisations données par les Assemblées générales.

Nous devons à divers 3196513,15 fr contre, l'année dernière, 1605024,50 fr.

La différence entre les postes « Caisse et Débiteurs » et « Créanciers divers », augmentée cette année par suite de circonstances temporaires, s'est améliorée d'un exercice à l'autre de 657940 fr.

Compte de profits et pertes. — Nous avons au crédit de ce compte les benéfices de l'année, soit 2060529,03 fr, en augmentation de 272504,01 fr sur 1911.

Au débit du même compte figurent :

Les Frais généraux des travaux neufs exécutés dans notre secteur sous notre direction	101 153,70 fr.
sont à supporter par nous d'après nos conventions. Par contre, la Compagnie parisienne de distribution d'électricité consent une réduction sur les droits d'usage auxquels elle eût pu prétendre.	
Nous avons fait subir à divers postes de l'actif des dépréciations pour	254 236,94
Et aux valeurs en portefeuille	212 770,16
Le Droit d'usage des installations devenues la propriété de la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité, a été pour 1912 de	391 968,23
Et il reste un solde disponible de	1 100 000,00
Total	2 060 529,03 fr.

Nous vous proposons de répartir comme suit le solde de 1 100 000 fr.

5 pour 100 de dividende, soit	300 000	
Il reste un solde de 800 000 fr sur lequel nous proposons de porter à la réserve spéciale le cinquième, ainsi que le permet l'article 51 des statuts		160 000,00 fr.
Et d'attribuer l'excédent ainsi que le prescrit le même article :		
75 pour 100 aux actionnaires, soit 8 pour 100 de dividende supplémentaire	480 000	
Total du dividende 13 pour 100 ou		780 000,00
25 pour 100 au Conseil d'administration		160 000,00
		1 100 000,00 fr.

Nous vous proposons de décider que le dividende sera payé à partir du 1er juillet prochain, à raison de 65 francs par action, sous déduction des impôts, soit :

58,90 pour les titres au porteur; 62,40 pour les titres nominatifs.

Conseil d'Administration. — En vertu des articles 21 et 31 des statuts, vous avez à procéder au remplacement ou à la réélection des membres sortants du Conseil d'Administration.

Les membres sortants sont MM. Louis Ewald et Auguste Salin.

Ils sont rééligibles.

Loi de 1867. — En vertu de la loi du 24 juillet 1867, nous avons à vous rendre un compte spécial de l'exécution, pendant l'exercice écoulé, des marchés et entreprises passés conformément aux autorisations données dans les Assemblées

La suite page 239.

générales précédentes par notre Société avec d'autres Sociétés, dont certains de nos Administrateurs font en même temps partie.

La Société le Triphasé nous a fourni l'énergie électrique nécessaire à notre exploitation. Nous avons exécuté certains travaux pour son compte.

Nous avons aussi exécuté certains travaux pour le compte du Nord-Lumière, de l'Electrique de Montmorency et de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité.

Nous avons acheté à la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques divers appareils électriques.

Comme tous les ans, nous vous demanderons de décider que les membres du Conseil faisant partie d'autres Sociétés soient autorisés pendant le prochain exercice à traiter des affaires entre ces Sociétés et la nôtre.

Commissaires des comptes. — Nous vous demandons aussi de désigner un Commissaire des comptes pour l'année 1913, ainsi qu'un Commissaire suppléant.

A cet égard, nous avons le vif regret de vous annoncer le décès de M. Ill. qui avait bien voulu accepter jusqu'ici les fonctions de Commissaire suppléant et suivait avec sollicitude nos affaires.

Suivant un usage constant, nous adressons nos remerciements à tout notre personnel et tout particulièrement à notre Directeur, à nos Chefs de service et à nos principaux agents pour le dévouement dont ils continuent à faire preuve et pour la collaboration intelligente et empressée qu'ils nous ont apportée pendant l'exercice dont nous venons de vous exposer les résultats.

RÉSOLUTIONS. — 1° L'Assemblée générale, après avoir entendu le Commissaire des comptes, donne son assentiment au rapport du Conseil d'administration ; elle approuve le Bilan et le Compte de profits et pertes.

Elle décide que les bénéfices seront répartis comme suit :

Compte de dividende.	
Dividende à raison de 5 pour 100	300 000,00 fr.
Dividende supplémentaire de 8 pour 100	480 000,00
Compte de réserve spéciale.	
Affectation suivant l'article 51 des statuts	160 000,00
Conseil d'administration.	
Part lui revenant en vertu de l'article 51 des statuts	160 000,00
Total	1 100 000,00 fr.

2° Le dividende sera payé à partir du 1er juillet 1913 aux caisses désignées pour le dépôt des titres, sous déduction des impôts de finance et sur présentation du coupon numéro 22, à raison de :

58,90 fr net par action au porteur, et 62,40 fr net par action nominative.

3° L'Assemblée nomme administrateurs pour une durée de quatre ans allant jusqu'à l'Assemblée générale ordinaire de 1917, MM. Louis Ewald et Auguste Salin, administrateurs sortants.

Ces messieurs acceptent.

4° L'Assemblée donne à ceux de ses administrateurs qui font en même temps partie d'autres Sociétés les autorisations prévues par la loi de 1867, en raison des affaires qui pourraient être traitées avec ces Sociétés.

5° L'Assemblée nomme pour l'année 1913, M. Jean Scheidecker, commissaire des comptes, et M. Alphonse de Marcillac, commissaire suppléant, qui acceptent ces fonctions.

L'Assemblée fixe à 1500 francs la rémunération du commissaire des comptes, et à 300 francs celle du commissaire suppléant.

Société anonyme d'électricité du Haut-Forez. — Constituée sous le régime de la législation française.

Statuts : déposés pour minute à Me Thiollier, notaire à Saint-Étienne, le 9 mai 1913, et modifiés par délibération de l'assemblée générale extraordinaire du 19 juin 1913.

Siège : à Usson-en-Forez (Loire).

Objet : Exploitation d'une usine électrique, sise à Usson-en-Forez, et des concessions d'éclairage par l'électricité des villes d'Usson-en-Forez et Saint-Bonnet-le-Château.

Durée : 2 années à compter du 7 décembre 1912, avec faculté de prorogation.

Capital social actuel : 85000 francs divisé en 170 actions de 500 francs libérées, dont 100 souscrites en numéraire et 70 dites d'apport, attribuées à MM. Vallat et Perronnet, apporteurs de la concession d'éclairage de la ville de Saint-Bonnet-le-Château.

Il existe, en outre, 125 parts bénéficiaires :

Passif dû aux tiers 30000 francs.

Année sociale : Du 1er juillet au 30 juin.

Assemblée générale : Réunion dans les 4 mois de la clôture de l'exercice sur convocation faite 15 jours à l'avance dans un journal de Saint-Étienne et un journal de Montbrison.

Bénéfices 5 pour 100 à la réserve ; 5 pour 100 intérêts du capital ; surplus : 15 pour 100 au conseil d'administration ; 7,5 pour 100 aux parts bénéficiaires ; 7,5 pour 100 aux actionnaires.

Augmentation de capital : l'assemblée générale extraordinaire du 19 juin 1913 a décidé de porter le capital à 200000 fr par l'émission au pair de 230 actions de 500 francs de même rang que celles existantes et a donné tous pouvoirs au conseil pour réaliser cette augmentation de capital en une ou plusieurs tranches.

BILAN AU 21 AVRIL 1913.

Actif.	
Valeurs disponibles	694,40 fr.
Solde à appeler	10 000,00
Valeurs immobilisées	41 478,85
Total de l'actif	52 173 25
Passif.	
Créances à payer	2 050,00
Capital social	50 000,00
Solde à reporter à nouveau	123,25
Egalité	52 173,25 fr.

BIBLIOGRAPHIE

Cours de calcul algébrique, différentiel et intégral, *Leçons de mathématiques à l'usage des ingénieurs*, par MAURICE LABOUREUR, ingénieur, ancien élève de l'École Polytechnique. — Un volume de 520 pages : 15 francs, *Ch. Béranger*, éditeur.

Ces leçons de mathématiques s'adressent spécialement aux ingénieurs et élèves ingénieurs. Il faut, pour les lire avec fruit, connaître déjà les éléments de mathématiques (arithmétique, géométrie, algèbre et trigonométrie). L'auteur a seulement rappelé (souvent sans aucune démonstration) les résultats indispensables de mathématiques élémentaires dont il fera usage constamment dans la suite.

Dans l'étude du calcul différentiel et intégral il n'a pas cherché une rigueur absolue dans les démonstrations. Son but principal a été de donner des définitions et des formules claires et de les faire saisir par un grand nombre d'exercices et d'applications dont quelques-uns choisis dans l'électrotechnique.

C'est là une innovation en France, qui est d'ailleurs déjà pratiquée en Angleterre et en Amérique. Pour l'ingénieur tout le monde sait qu'il vaut mieux savoir appliquer

une formule que savoir la démontrer. Les mathématiques sont un *moyen* et non un *but* pour le technicien.

Cette conception de l'enseignement mathématique justifie le titre de cet ouvrage ; il constitue avant tout un cours de calcul et par suite, doit enseigner la méthode la plus rapide pour arriver à un résultat déterminé.

En somme, ce que M. Laboureur a voulu enseigner ce sont les mathématiques de l'ingénieur.

EXTRAIT DU VOCABULAIRE
TECHNIQUE, INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

Français. — *Anglais.* — Allemand.

Abgedeckter Kabelgraben. Canalisation souterraine. *Trench, covered in for wiring.*
Abstimminduktanz. Inductance de syntonisation. *Inductance syntonising.*
Adherent weight. Poids adhérent. Adhesionsgewicht.
Aerial horizontal. Antenne horizontale. Horizontaler Luftleiter.
Aerial receiving. Antenne de réception. Empfangsdraht Luftleiter.
Aerial star. Antenne en étoile. Sternformiger Luftleiter.
Aerial transmitting. Antenne d'émission. Geberdraht Luftleiter.
Aerial umbrelle. Antenne en parapluie. Schirmnetz Luftleiter.
Ammeter, a.c. Ampèremètre pour courant alternatif. Wechselstromumformer.
Ammeter, d. c. Ampèremètre pour courant continu. Wechselstromamperemeter.
Ammeter hotwire. Ampèremètre pour courant a fil chaud. Gleichstromamperemeter.
Anlasser. Rhéostat de démarrage. *Resistance starting.*
Antennendraht. Fil d'antenne. *Antenna Wire.*
Antennengewicht. Poids d'antenne. *Antenne Weight.*
Antennenschere. Cisaille d'antenne. *Antenna clipper.*
Antennenwinde. Treuil pour antenne. *Antenna Winch.*
Automobil-Feldscheinwerfer. Projecteur automobile de campagne. *Field motor-car searchlight.*
Appareils de réception. *Apparatus receiving.* Empfanger.
Appareils de transmission. *Apparatus transmitting.* Sender.

Biegsame und isolierende Verbindungen. Manchons d'accouplement souples et isolants. *Coupling flexible and insulating.*
Blitzschütz. Parafoudre. *Arrester lightning.*
Bobine d'inductance. *Inductance coil.* Funkeninduktor.
Buzzer. Vibrateur. Summer.

Change of connection for receiving or transmitting. Commutation pour la réception ou la transmission. Umschaltung auf Empfangen oder Senden.
Choker, air core protecting. Bobine de réactance sans noyau de fer. Impedanzspulen für hohe Frequenz mit Luftkern.
Choking coil. Bobine d'impédance. Drosselspule.
Condensers, test tube. Tube d'essai pour condensateur. Kondensator-Prüfröhre.
Couplage. *Coupling.* Kopplung.

Dämpfer. Sourdine. *Damper.*
Drehstromhalter. Interrupteur de courant triphasé. *Switch three-phase.*
Drosselspule. Bobine d'impédance. *Choking coil.*

Earth connection. Connexion de terre. Erdverbindung.
Ebonitröhre. Tube en ébonite. *Tube ebonite.*
Éclateur réglblae. *Adjustable spark gap.* Regulierbare Funkenstrecke.
Electric welding. Soudure électrique. Electrische Lötung.
Electroden der Funckenstrecke. Plot d'éclateur. *Spark plug.*
Elektrische Schwingungen. Oscillations électriques. *Oscillations electric.*
Ersatzteile. Pièces de rechange. *Spares pieces.*

Flugmaschinengerüst. Fuselage.

Gewinde schneiden. Fileter. *Thread (to).*

Hauptschalter. Interrupteur principal. *Switch main.*
Hochfrequenz. Haute fréquence. *Frequency high.*

Ignition coil. Bobine d'allumage. Zünderspule.

Jigger. Transformateur d'oscillation. Jigger.

Kavalleriesendeapparat. Transmetteur pour cavalerie. *Transmitter cavalry.*
Kleinstation. Station a faible puissance. *Station small power.*
Kontaktdetector. Détecteur a contact. *Detector contact.*
Kraftstation. Station a grande puissance. *Station high-power.*
Kurzschusstopfel. Plot de mise en court-circuit. *Plug short circuit.*

Luftdrahtumschalter. Commutateur d'antenne. *Switch aerial wire changement.*
Luftkondensator. Condensateur a air. *Condenser.*
Luftleiter. Antenne. *Antenna.*
Luftschiffstation. Station de ballon dirigeable. *Station airship.*

Magnetausschalter. Interrupteur de l'excitation. *Switch field-break.*
Magnetischer Hammerunterbrecher. Interrupteur a marteau. *Hammerbreak magnetic.*
Messerschalter. Interrupteur unipolaire a lames. *Switch knife.*
Momentschalter. Interrupteur a rupture brusque. *Switch quick break.*

Niedfrequenz. Basse fréquence. *Frequency low.*

Oudin. *Coupling coil.* Kopplungsvorrichtung.

Packsattel. Bat de charge. *Saddles pack.*
Piercing mill. Laminoir perceur. Bohrwalzwerk.

Reducing mill. Laminoir a réduire. Bohrwalzwerk.
Regulierbarer Taster. Manipulateur réglable. *Adjustable Key.*
Reichweite. Portée. *Range.*

Schiffstation. Station de bord. *Ship station.*
Schmelzeinsatz. Fusible. *Fuse.*
Schreibempfanger. Appareil morse enregistreur. *Inkwriter Morse.*
Sechskantige Koppulungsspule. Oudin hexagonal. *Hexagonal oudin*).
Selbstanlasser. Démarreur automatique. *Starter automatic.*
Selbstunterbrecher. Interrupteur automatique. *Cut-out automatic.*
Senderanordnung. Dispositif d'émission. *Transmitting arrangement.*
Single spark gap. Éclateur simple. Einzelfunkenstrecke.
Span. Haubanage. Abspannung.
Spannung. Voltage. *Voltage.*
Spark plug. Bouchon a étincelles.
Stahlmasten in Teilen. Mat d'acier a sections. *Mast, steel sectional.*
Stromanlage. Générateur. *Generator.*
Stromunterbrecher. Interrupteur de courant. *Interrupter current.*

Tapper. Frappeur. Klopfer.
Taste. Manipulateur. *Key sedling.*
Tragbare-Station. Station portative. *Station portable.*
Tragbarer Mast. Mat portatif. *Mast portable.*
Tornisterstation. Poste de havresac. *Station knapsack.*
Tuning. Syntonisation. Abstimmen.

Umschaltung auf Empfangen. Commutation pour la réception. *Change of connections for receiving.*
Umschaltung auf Sender. Commutation pour la transmission. *Change of connections for transmissing.*

Wavemeter. Ondemètre. Wellenmeter.
Welle der Abstimmung. Onde de syntonisation. *Tuning wave.*
Wireless. Sans fil. Ohne Drath.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — *La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.*

M. T., à Paris. — La fabrication de l'aluminium en France est effectuée par cinq sociétés qui ont constitué, pour l'étude en commun des applications de l'aluminium, une autre société « l'Aluminium français ». Ces cinq sociétés sont : la Compagnie des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue, la Société des Produits électro-chimiques et métallurgiques des Pyrénées, la Société électro-métallurgique française, la Société des Forces motrices de l'Arve et la Société d'Electrochimie.

M. S., à Grenoble. — Les pressions de sécurité admises pour les pieux sont les suivantes :

Pieux en sapin	50 kg : cm²
— en chêne	60 —
— en hêtre	70 —

M. B., à Marseille. — Un globe clair absorbe 10 pour 100 environ.

M. T., à Paris. — L'induction maxima dans le fer d'un transformateur ne doit pas être inférieure à 5000 pour ne pas trop augmenter les dimensions ni supérieure à 10 000 pour ne pas influencer le rendement. Vous pouvez prendre 7000.

INFORMATIONS

École supérieure d'électricité. — La 5e session de la Section spéciale de Radiotélégraphie s'ouvrira le 15 novembre prochain pour se prolonger jusqu'au 15 février. Bien que la plupart des élèves de cette section soient des officiers délégués par les ministères de la Guerre, de la Marine et des Colonies, quelques places disponibles sont attribuées sans examen à des élèves civils dont les titres sont reconnus suffisants par le Conseil de perfectionnement de l'école (prix des études : 750 francs, réduit à 600 francs pour les ingénieurs diplômés de l'École supérieure d'Électricité).

Admission de compteurs électriques. — Le ministre des travaux publics,

Arrête :

Vu la demande présentée par la Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs et appareils divers, rue de Lourmel, nos 106 et 108, à Paris.

Est approuvé, en conformité de l'article 16 des cahiers des charges des 17 mai et 20 août 1908, le compteur pour courant continu 3 fils, *type E. V.*, pour les calibres de 3 à 30 hectowatts sous 110 volts, et 6 à 60 hectowatts sous 220 volts.

Vu la demande présentée par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, boulevard de Vaugirard, nos 16 et 18, à Paris.

Est approuvé en conformité de l'article 16 des cahiers des charges des 17 mai et 20 août 1908, le compteur monophasé à fils, *type C. T. A^II*, avec minuterie à aiguilles, pour les calibres jusqu'à 100 ampères et 500 volts inclusivement.

Vu la demande présentée par la Compagnie générale d'électricité de Creil, rue Saint-Lazare, n° 54, à Paris.

Est approuvé, en conformité de l'article 16 des cahiers des charges des 17 mai et 20 août 1908, le compteur pour courants alternatifs monophasés à deux et trois fils — *type W. 3* — pour des intensités jusqu'à 50 ampères pour deux fils et 2×50 ampères pour trois fils, mais seulement pour des tensions allant jusqu'à 260 volts.

CORROSION ÉLECTRIQUE DU FER DANS LE SOL.

L'expression « Corrosion électrolytique » est le plus fréquemment employée pour indiquer une attaque causée par le passage d'un courant électrique provenant de sources externes et traversant le métal. Pendant ces dernières années, le sens du mot corrosion s'est largement étendu à toute altération en solution aqueuse, d'une nature essentiellement électrolytique, et en conséquence, dans la littérature traitant de ce sujet, on trouve une variété de dénominations telles que « action galvanique », « électrolyse par courant dérivé », « auto-corrosion », pour distinguer ces différentes causes de destruction du fer. Ainsi la corrosion du métal dans le sol peut être due à une action galvanique provoquée par des différences chimiques ou physiques entre des points adjacents de sa surface ou bien à la présence de substances étrangères telles que coke, escarbilles, oxydes de fer, etc., qui provoquent un phénomène galvanique local. Le passage de courants électriques qui ont pénétré les tubes, tuyaux, etc., en un point quelconque même éloigné peut avoir le même résultat. Dans la présente étude, les termes « électrolyse » et « corrosion électrolytique » désignent la corrosion causée par un courant électrique d'origine externe ayant traversé le métal. Toutes les autres formes d'attaque, dans lesquelles les courants électrique ont une origine interne au système considéré, sont groupés sous le nom de « auto-corrosion », quelle qu'en soit la cause. Il y a lieu de faire remarquer que ces deux modes généraux d'altération ne sont nullement indépendants l'un de l'autre, car la présence de l'un affecte généralement à un degré très marqué la nature et l'extension de l'autre en présence de conditions déterminées. Cette influence réciproque est de considérable importance pratique et souvent elle augmente singulièrement la difficulté d'obtenir expérimentalement des chiffres exacts dans l'appréciation de la corrosion électrolytique proprement dite. L'étude du phénomène dans les sols mêmes se heurte, dans les conditions de la pratique, à beaucoup de facteurs variables, qui en affectent plus ou moins les résultats. Ainsi on peut signaler parmi ces facteurs : la densité du courant à la surface du métal, la teneur du sol en humidité, la présence d'oxygène à l'état gazeux ou en dissolution dans l'eau du sol, la température du milieu particulièrement importante à cause de son action sur l'intensité du courant, etc. La formation d'oxyde, à la surface du métal, comme conséquence d'une altération initiale, complique bientôt le processus de l'attaque par suite du développement de courants galvaniques. D'autres causes, telles que les propriétés

physiques et chimiques du sol, la profondeur d'enfouissement du métal, la diminution du courant électrique due à la polarisation, la formation de zones de haute tension à la surface du métal et l'altération de celle-ci, due à des causes variées augmentent ou diminuent la rapidité avec laquelle le dommage peut progresser. Comme il n'était pas possible de conduire toutes les expériences sur le champ, on dut se borner à étudier les différences possibles entre les résultats que peuvent donner les essais faits au laboratoire et ceux pratiqués à l'extérieur. Bien que l'attaque du fer par des courants électriques soit influencée par des causes très variées, les chiffres obtenus ont cependant prouvé que, dans la majorité des cas de la pratique, le développement de la corrosion dépend de la quantité d'électricité déchargée par une surface donnée. Cette quantité peut être aisément mesurée dans les conditions du laboratoire et on a déterminé, pour toutes celles-ci, la corrosion comme fonction de la décharge de l'anode calculée en ampère-heure; les résultats ont été exprimés en coefficient de corrosion. Si la corrosion de l'anode est la seule action qui se passe à ce pôle, alors, suivant la loi de Faraday, 96540 coulombs sont nécessaires pour détruire un gramme-équivalent du métal et le coefficient de corrosion est dit être 100 pour 100. Dans la plupart des cas le chiffre observé dans les expériences a été plus grand ou plus faible que la quantité théorique, mais ce coefficient se rapproche cependant de 100 pour 100. Lorsqu'il en était assez éloigné, cela, vraisemblablement, était dû au passage du fer métal à l'état ferrique. Les expériences furent conduites en laboratoire dans de la terre prélevée dans un sol vierge et tamisée pour en enlever les pierres et en assurer l'homogénéité. Cette terre, mélangée avec la quantité voulue d'eau distillée, fut placée dans des vases d'étain servant de cathode. Le fond de ceux-ci était isolé du sol par une épaisse couche de paraffine ou d'autre matière isolante, de telle sorte que la décharge de l'anode placée au centre du vase se faisait uniformément et seulement dans la direction des parois. A l'extérieur, ces vases d'étain furent isolés les uns des autres par plusieurs lits de papier épais et paraffiné. Plusieurs expériences furent aussi faites en enterrant les échantillons à l'extérieur dans un sol vierge pour obtenir ainsi des points de comparaison. Le nettoyage préalable des anodes et plus tard la détermination de la perte de poids nécessitèrent plusieurs précautions. Ainsi le fer employé fut passé à la lime, puis au papier de sable pour en enlever les impuretés et les écailles; après avoir été découpé à la longueur voulue et muni d'un numéro matricé à une extrémité, il fut pesé et dégraissé à la benzine. A la fin de l'expérience, les échantillons lavés et brossés pour en enlever les impuretés furent plongés comme cathode dans une solution d'acide sulfurique à 2 pour 200 sous un courant de haute tension. L'anode était de matière inattaquable pour prévenir tout dépôt. Après 30 minutes, les échantillons retirés du liquide montraient que le fer et l'acier soumis à ce traitement ne subissaient aucune perte en matière non corrodée. Ce procédé n'a pu être appliqué avec la fonte. Les expériences comportèrent les examens suivants :

1° L'influence de la densité du courant;

2° L'action de l'humidité sur le degré de la corrosion;

3° Les effets de la température;

4° Le rapport de la profondeur de l'enfouissement avec le coefficient de corrosion;

5° L'action de l'oxygène dans l'attaque du fer;

6° L'influence de l'oxygène sur les produits terminaux de la corrosion;

7° Le coefficient électrolytique des fers de diverses provenances;

8° L'influence de certains corps chimiques, pouvant se rencontrer dans le sol des rues, sur la corrosion du fer forgé;

9° Le coefficient de corrosion dans les sols de différentes provenances;

10° Les causes de la variation du coefficient de corrosion sous l'influence de la formation de nouveaux couples galvaniques causés par le dépôt d'oxyde ou sous l'influence de l'action dépolarisante de l'oxygène se déchargeant à l'anode; l'examen de la variation de la corrosion non uniforme du fer et la circulation constante du courant dans l'électrolyte;

11° L'influence d'une tension très faible.

Outre ces recherches ayant trait surtout aux différentes conditions du passage d'un courant dans des électrodes enterrées dans le sol, d'autres essais ont été conduits par les auteurs sur les relations de la résistance de la terre elle-même avec la corrosion électrolytique. Ainsi, ils ont étudié les rapports du degré d'humidité, de la température et de la pression mécanique du sol avec la résistance de la terre. Ils ont examiné d'autres facteurs influençant le courant électrique et leur étude se termine par des expériences entreprises sur la résistance de sols de diverses provenances. De cet ensemble de recherches, se dégagent les conclusions suivantes :

1° La densité du courant a un effet marqué sur le coefficient de corrosion, quand la densité du courant s'abaisse. Dans les sols saturés, la corrosion oscille de 20 à 40 pour 100 pour des densités de courants variant de 5 milliampères à 0,05 milliampère par cm^2.

2° La teneur du sol en humidité a un effet marqué sur la corrosion. Celle-ci augmente en général jusqu'au point de saturation du sol. A partir de ce moment, l'influence de l'humidité demeure très faible.

3° Les changements de température qui se produisent dans les limites rencontrées communément dans la pratique, ne font guère varier le coefficient.

4° Toutes les autres conditions restant constantes, la profondeur d'enfouissement des colonnes de fer n'a aucun effet direct sur leur corrosion. En pratique cependant, l'humidité du sol, les courants traversant les tubes et divers autres facteurs se modifient avec la profondeur et indirectement, donc on peut noter des différences dans la corrosion en divers points du corps envisagé.

5° Par l'immersion, en laboratoire, d'un échantillon de fer dans un liquide électrolytique on a reconnu que la quantité présente d'oxygène joue un rôle peu marqué.

6° Le coefficient de corrosion du fer est plus grand lorsque le métal est enfoui dans des vases ouverts que si ceux-ci sont fermés.

7° Les produits terminaux de la corrosion sont forte-

La suite page 243.

ment influencés par la quantité présente d'oxygène. Si l'altération est rapide et la quantité d'oxygène minime, il y aura prépondérance d'oxyde magnétique. Si, au contraire, la corrosion est lente et l'oxygène abondant, l'oxyde de fer prédominera. Comme dans le voisinage des colonnes plongées dans le sol, l'oxygène se trouve en quantités plus ou moins limitées, l'état chimique des oxydes formés donnera toujours une indication sur le caractère particulier de la corrosion et amènera ainsi à en trouver la source.

8° Aucune différence matérielle n'a pu être constatée dans les coefficients de corrosion de nombreuses variétés de fer communément employées dans la fabrication des tuyaux.

9° Le fait, qu'un corps chimique donné tend, en solution, à empêcher toute espèce de corrosion possible, n'indique pas que ce corps retardera matériellement l'électrolyse du fer mis en terre.

10° L'altération du fer enfoui dans le sol n'est pas seulement influencée par l'état de non-homogénéité du fer ou du sol même, mais aussi par les substances dont est imprégné ce dernier.

11° Le coefficient de corrosion n'a pas été trouvé en rapport avec la tension, l'intensité restant constante. Des tensions de 0,1 à 0,6 volt ont eu pratiquement les mêmes effets que celles de 0,5 à 10 volts et plus.

12° Les expériences faites au moyen d'un grand nombre de sols de provenances diverses, moyennement humides ont accusé par l'emploi d'un courant modéré, un coefficient de corrosion variant de 50 à 110 pour 100 dans les conditions de la pratique.

13° Le degré d'humidité des sols fait varier beaucoup leur résistance. Ainsi, pour un même échantillon, la résistance à l'état sec est plusieurs centaines de fois celle du même sol amené à la saturation.

14° Par suite des grandes variations apportées par l'humidité, les recherches de pertes de courant ne doivent pas être entreprises pendant les périodes d'extrême sécheresse.

15° La résistance des sols varie fortement aux températures comprises entre les extrêmes rencontrés dans la pratique. Dans le cas d'expériences faites à 18 degrés sous zéro, elle fut 200 fois supérieure à celle mesurée à 10 degrés au-dessus de zéro, et même vers 0°, elle est encore plusieurs fois plus grande que celle qui fut mesurée pendant les températures d'été. Cette constatation n'a pas seulement une portée considérable sur l'amplitude des troubles électrolytiques se présentant aux différentes saisons, mais elle indique aussi que les recherches des pertes de courant ne doivent pas être opérées pendant un régime de très basses températures.

16° Les résultats généraux obtenus ont une portée pratique considérable, au point de vue de la diminution de l'électrolyse, par la restriction de la perte de tension dans le retour négatif et les auteurs concluent qu'il serait beaucoup plus rationnel de prendre comme base d'écart, la tension moyenne de la journée de travail, au lieu de la tension à charge maximum.

[D'après Burton, Max-Collum et Logan, *Proceedings of the A. I. of E. E.* (*Index technique. — Revue de l'Ingénieur*)].

SOCIÉTÉS

Société hydro-électrique de Fure et de Morge et Vizille. — Siège à Grenoble, boulevard Gambetta, 34 *bis*.

Comme suite à la notice parue dans le *Bulletin* du 19 février 1912 pour l'émission de 1200 obligations de 500 fr. 5 pour 100, et en vue de l'émission de 1200 obligations nouvelles, publication est faite du dernier bilan.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912.

Actif.

Frais de premier établissement	950 687,17 fr.
Terrains, chutes, immeubles industriels	1 458 650,98
Installations hydrauliques	2 896 322,71
Usines : de Champ, Loufa, Jouchy, sous-station de la Galochère, groupe vap de Champ	1 757 921,49
Petit matériel et outillage	40 000,00
Lignes de transport et matériel de réseau	1 884 825,46
Mobilier, marchandises et charbon en magasin	52 022,40
Voies ferrées du Dauphiné	501 266,52
Portefeuille	595 100,00
Caisse, banques et débiteurs divers	522 675,95
Impôts sur actions	6 788,95
Ensemble	10 066,244,63 fr.

Passif.

Capital actions	3 764 500,00 fr.
Capital obligations	5 387 700,00
Réserve légale	185 568,56
Obligations amorties à rembourser	113 900,00
Dividende et intérêts à payer	143 977,22
Fournisseurs et créanciers divers	170 843,34
Bénéfices et report de l'exercice 1911	299 753,51
Ensemble	10 066 244,63 fr.

Les 11 262 obligations existantes à ce jour ont été émises sans garanties spéciales.

Obligations à émettre. L'assemblée générale extraordinaire du 14 juin 1913 a autorisé un emprunt de 600 000 fr par émission de 1200 obligations nouvelles de 500 fr, 5 pour 100 brut, amortissables en 40 ans, à partir du 1er janvier 1946, sauf faculté de remboursement anticipé ; elles ne jouissent d'aucune garantie spéciale.

L'Omnium électrique du Havre. — Société en commandite par action. — Législation française. — Siège social, 111, rue de Paris, le Havre. — Durée : 25 années. Objet : toutes exploitations d'application de l'électricité, industrielles, maritimes, entreprises quelconques s'y rattachant, la fabrication, l'achat, l'exploitation et la vente de tous articles d'éclairage et de force motrice par l'électricité et installations de toute nature ; toutes opérations commerciales, industrielles se rattachant à l'électricité. Capital social : 150 000 fr, divisé en 1500 actions de 100 francs, dont 1000 à souscrire en numéraire, 500 d'apport à M. Hébert. Parts de fondateurs 500. — Répartition : 5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 aux actions d'intérêt ; sur l'excédent : 50 pour 100 au gérant, 35 pour 100 aux actions, 5 pour 100 au conseil de surveillance, 10 pour 100 aux parts de fondateurs. — Assemblées générales au Havre. — Apport : établissement de l'Omnium électrique que possède M. Hébert, 111, rue de Paris, et ateliers, 71, quai d'Orléans, au Havre, la clientèle, l'achalandage, le matériel, les marchandises, le droit au bail, le bénéfice, tous traités, marchés et contrats. Charges : 10 000 à M. Villedieu et 10 000 à M. Pottier.

Électro-Cireuse Unic. — Dénomination : « Electro-cireuse Unic ». — Législation : Société anonyme française. — Siège provisoire : à Lyon, 53, rue de la Bourse. — Objet : l'exploi-

tation, sous quelque forme que ce soit, en France et à l'étranger, la construction et la vente d'un appareil breveté consistant en une brosseuse électrique pour le nettoyage et l'entretien des parquets, dite Électro-cireuse Unic. La fabrication, l'exploitation, la vente de tous appareils et leurs accessoires, ainsi que de tous produits ayant trait au nettoyage, à l'hygiène et à l'entretien des appartements. L'achat, la prise de tous brevets, leur cession, la concession de licence desdits brevets. — Durée, 60 années, à compter du jour de sa constitution. — Apports et attributions : M. Lioud apporte le bénéfice de ses travaux, études, dépenses et de divers traités pour assurer la constitution de la société, son bon fonctionnement, la fourniture d'appareils déjà construits et la construction de nouveaux appareils. Il reçoit en rémunération une somme, en espèces, de 10000 francs, et une part de 15 pour 100 dans les bénéfices, représentée par 600 parts bénéficiaires créées aux termes des statuts. M. G. Millié apporte à la société : 1° tous les brevets pris ou demandés par lui pour une invention consistant en une brosseuse électrique dénommée Électro-cireuse Unic; 2° tous les plans, devis, dessins, pouvant se rattacher à l'invention ci-dessus, ainsi que le bénéfice de tous les travaux, études, expériences et essais faits par lui concernant la brosseuse électrique et tous autres appareils similaires. Il reçoit, en rémunération, 640 actions entièrement libérées de 100 francs chacune. — Capital : 200000 fr. divisé en 2000 actions de 100 fr. dont 640 actions d'apport et 1560 actions de numéraire. — Assemblées : les assemblées se réunissent au lieu indiqué par le conseil. Elles sont convoquées par insertion dans un journal de Lyon, ou par simple lettre, 15 jours à l'avance pour les assemblées ordinaires et 8 jours pour les assemblées extraordinaires. Les assemblées constitutives seront convoquées sans avoir égard à ce délai. — Bénéfices : les bénéfices nets, après déduction des amortissements, de 5 pour 100 pour la réserve légale et de l'intérêt à 6 pour 100 du capital, seront répartis : 5 pour 100 au conseil d'administration, 15 pour 100 aux parts bénéficiaires, 80 pour 100 aux actionnaires.

L'Electrique du Blésois. — Société anonyme.

Régime de la législation française.

Siège social à Paris, 105, rue Saint-Lazare.

Objet : Toutes entreprises de production et de distribution d'énergie électrique, toutes exploitations de concessions d'énergie électrique, toutes opérations industrielles, commerciales et financières se rattachant directement ou indirectement audit objet.

Durée : 40 années, à dater de la constitution définitive.

Capital social : 1 million de francs, divisé en 10000 actions de 100 francs, toutes à souscrire en numéraire, et à libérer d'un quart à la souscription, le conseil d'administration ayant faculté d'appeler ultérieurement les autres quarts.

Répartition des bénéfices : 5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 aux actionnaires.

Sur l'excédent, 20 pour 100 au conseil d'administration, somme à fixer par l'assemblée générale pour un fonds de prévoyance ou des réserves extraordinaires, le surplus aux actionnaires.

Les convocations aux assemblées générales sont faites dans un journal d'annonces légales de Paris, huit jours à l'avance, sauf pour l'assemblée générale ordinaire statuant sur l'approbation des comptes, qui doit être convoquée quinze jours à l'avance.

La première assemblée générale constitutive peut être convoquée seulement deux jours à l'avance; la convocation pourra être faite par lettre adressée aux souscripteurs.

Pas de bilan, la société étant en formation.

Le conseil d'administration est autorisé statutairement à émettre pour un million de francs d'obligations 5 pour 100.

BIBLIOGRAPHIE

Notions générales sur la radiotélégraphie et la radiotéléphonie, par DE VALBREUZE. 6e édition. — Un volume de 460 pages. — Prix : 15 fr. — *La Lumière électrique*, éditeur.

Depuis 1910, époque à laquelle cet ouvrage avait été entièrement remanié, d'importants changements sont survenus dans la technique et la pratique de la radiotélégraphie. L'emploi des émissions musicales, produites par différents dispositifs électriques ou mécaniques établis pour donner des étincelles fréquentes, s'est rapidement répandu, et ces nouveaux dispositifs ont supplanté presque partout les systèmes à étincelles raréfiées; d'autre part, les appareils propres à engendrer des ondes entretenues, tels que les arcs de Poulsen, ont été beaucoup perfectionnés; enfin différents ingénieurs sont parvenus à construire des alternateurs spéciaux à haute fréquence sur lesquels on fonde de grands espoirs. Du côté de la réception les détecteurs à cristaux et les valves ont pris une importance prépondérante; des relais et des galvanomètres de grande sensibilité, permettant un enregistrement photographique des signaux, ont été construits par plusieurs physiciens; l'emploi d'antennes horizontales, tendues à faible distance du sol, a donné des résultats très intéressants. Des applications nouvelles, telles que l'envoi régulier de l'heure aux navires en mer, la détermination des longitudes, etc., ont accru encore le champ d'utilisation des ondes électromagnétiques. Quelques projets grandioses, visant la constitution d'un réseau mondial de postes ultra-puissants semblent susceptibles d'une prochaine réalisation. Bref la radiotélégraphie a fait, depuis trois ans, des progrès si marqués que l'auteur a dû remanier à nouveau et compléter, pour sa 6e édition, cet ouvrage auquel le public a fait, jusqu'à présent, un excellent accueil qui ne peut que continuer.

Notions sur les accumulateurs électriques, par PAUL GADOT. — Un vol. de 72 pages. — Prix : 1,50 fr. — *H. Dunod* et *E. Pinat*, éditeurs.

Ce petit livre, absolument original, renferme une documentation sérieuse et complète; après l'avoir lu, on saura enfin ce que c'est que l'*Accumulation électrique*, et l'on comprendra le fonctionnement de cet appareil un peu mystérieux : l'*Accumulateur*.

M. Paul Gadot, ingénieur A. et M. et doyen des constructeurs d'accumulateurs électriques, était particulièrement qualifié pour traiter cette question dont il s'occupe depuis trente années; il l'a fait avec une expérience et une science éprouvées; et, ce qui ne gâte rien, sous une forme et dans un style que les lettrés sauront apprécier aussi bien que les savants et les industriels.

BOITE AUX LETTRES

AVIS. — ***La Boite aux Lettres étant publiée dans le numéro du 10 de chaque mois, nous prévenons nos abonnés que nous pourrons répondre à leurs demandes, à condition que leurs lettres nous parviennent avant le 30 du mois précédent.***

M. C., à Blois. — Les principaux articles parus dans *L'Industrie électrique* concernant la stérilisation par les rayons ultra-violets sont les suivants :

La stérilisation par les rayons ultra-violets, n° 459 du 10 avril, page 152.

Les rayons ultra-violets, n° 489 du 10 mai 1912, page 202.

Nouvelle lampe à rayonnement ultra-violet pour la stérilisation, n° 504 du 25 décembre 1912, page 567.

M. L., à V. — Pour calculer le débit de l'eau dans une conduite, le mieux dans votre cas est d'appliquer le théorème de Bernouilli $v = \sqrt{2gh}$ ou $v = 4{,}43\sqrt{h}$.

M. B. à Lille. — Dans un moteur synchrone, lorsque le courant est en phase, il ne se produit pas de réaction d'induit; s'il est en retard, il augmente l'excitation. Le mieux est de tâcher de marcher avec une légère surexcitation de façon à ne pas prendre de courant magnétisant sur la ligne mais de tendre plutôt à lui en fournir.

M. V. T., à Cadix. — Vous trouverez des fils d'aluminium aux Tréfileries du Havre, Lazare Weiler, etc.; pour des fils très fins vous pouvez vous adresser à M. Régnier, 10, rue Victor-Cousin, à Paris.

M. D., à Perpignan. — Consultez notre dernières *Statistiques des stations centrales*, prix 4 fr., à nos bureaux.

INFORMATIONS

La traction électrique des bateaux. — La Commission des voies navigables déclarait dans son rapport de juillet 1909 [1] :

« Que, pour l'abaissement des frets de navigation, une « bonne organisation de l'exploitation, permettant d'aug« menter la vitesse de marche des bateaux et le nombre de « leurs voyages, a au moins autant d'importance que peuvent « en avoir les facilités et les diminutions de parcours résul« tant de l'amélioration des voies anciennes ou de la construc« tion des voies nouvelles. »

Ceci est général et c'est ce qui guide l'exploitant d'un réseau de chemins de fer quelconque où l'on a recours à l'électricité pour augmenter le trafic. De même, pour les bateaux, la traction électrique, entrée depuis plusieurs années dans la pratique, permet d'augmenter leur vitesse, le nombre de voyages et peut devenir la base d'une organisation rationnelle de l'exploitation des canaux.

En 1895, M. Galliot expérimenta sur le canal de Bourgogne une petite locomotive à roues qui circulait sur le chemin de halage en empruntant son courant à un conducteur fixe.

A la suite du succès rencontré dans le premier essai, MM. Denèfle et Cie emploient le même procédé, après autorisation de M. Galliot, à l'exploitation de 43 kilomètres de canal de Béthune vers Douai. Les débuts furent difficiles, mais vers la fin de 1898 un service régulier fut établi. La Compagnie put alors porter la longueur de trafic à 55 kilomètres.

En Belgique et en Allemagne, on expérimente à la même époque des engins analogues.

En France, une seule rive est équipée. Le tracteur symétrique travaille normalement en va-et-vient sur une longueur déterminée du canal; les croisements des bateaux s'opèrent par échange des remorques, chaque tracteur repartant en sens inverse.

Le même principe a été appliqué, mais à des câbles sans fin de longueur uniforme, 450 mètres, longeant la berge, au souterrain de Mauvages [1].

En Allemagne, la traction s'exerce sur les deux rives par tracteurs asymétriques.

Les résultats obtenus sont les mêmes, à part les frais d'installation qui sont plus élevés avec le système à deux rives qu'avec celui à une seule rive. Le tableau qui suit donne les caractéristiques des canaux du Nord sur 60 kilomètres, plus 25 kilomètres par tracteurs sur berge, et celles du canal de Teltow, en Allemagne, sur 37 kilomètres.

	France.	Allemagne.
Nature du courant	Continu 550 v.	Continu.
Poids du tracteur, en tonnes	10	7,5
Nombre de moteurs	1	2
Groupement des moteurs	20 ch sous 550 v. En série pour la traction des bateaux. En parallèle pour la marche à vide.	8 à 10 chevaux. En parallèle.
Appareil de démarrage	Contrôleur à 7 touches.	Treuil auxiliaire.
Nombre de bateaux tractionnés.	4 de 300 tonnes.	2 de 600 tonnes.
Vitesse, en km	3	4
Effort au crochet [2], en kg	1200	1000
Rendement global, en pour 100.	70 à 75	70
Nombre de tracteur au kilomètre	1	

L'installation française atteint environ 50 000 francs au kilomètre, non compris les frais d'études et d'expériences, installations de production et de transport d'énergie.

En plus des procédés indiqués ci-dessus, il existe les brevets Koss pour le halage sur rail immergé.

On utilise comme tracteur un bateau complété par un cadre immergé qui supporte, à environ 0,50 m au-dessous de la quille, deux paires de roues horizontales.

Un moteur électrique, recevant son courant par trolley, actionne, au moyen d'engrenages et de quatre tiges verticales, ces deux paires de roues.

Un système de galets met en prise ces deux roues, un rail présentant le profil d'un double I placé sur plat (—), et tout le système se meut en prenant appui sur ce rail.

La voie formée par les rails en — repose normalement sur le fond du canal; mais la flexibilité du métal et le jeu des éclissages lui laisse un notable déplacement dans le sens vertical, et lui permet ainsi de se soulever de proche en proche au passage du bateau tracteur. Ce système a été expérimenté l'an dernier avec succès.

La question la plus importante qui se pose, pour assurer la régularité des départs et de la marche des bateaux, l'accélération de la vitesse, la stabilité et la modicité des prix, réalisables avec ces systèmes, est la monopolisation de ce genre de halage.

Si la traction animale existe concurremment avec la traction mécanique sur un canal, le bénéfice à attendre de celle-ci sera réduit et évitera l'extension de la traction électrique à d'autres canaux où elle serait indispensable. De plus au lieu d'amener comme dans d'autres cas une diminution des tarifs, ceux-ci resteront relativement élevés. (*L'Ingénieur-Constructeur*, n° 15 octobre 1913.)

Inspection du travail. — Afin d'éviter toutes observations de la part des inspecteurs du travail et les procès-verbaux qui pourraient en résulter, rappelons que les chefs d'établisse-

[1] Extrait du rapport de M. Paul du Bousquet, ancien élève de l'École polytechnique, présenté au quatrième Congrès national de travaux publics français.

[1] Rapport de M. Imbeaux présenté au même Congrès.

[2] La vitesse supérieure réalisée par le tracteur allemand tient uniquement aux conditions beaucoup plus favorables que présente la voie navigable.

ment, directeurs ou gérants d'usine sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de la 2ᵉ catégorie (courant continu au-dessus de 600 volts, courant alternatif de tension supérieure à 150 volts) :

1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de la 2ᵉ catégorie, même avec des gants en caoutchouc, ou de se livrer à des travaux sur ces pièces, même avec des outils à manche isolant;

2° Des extraits du décret du 1ᵉʳ octobre 1913 (paru dans *L'Industrie Electrique*, n° 525 du 10 nov., p. 507), et une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques. (Nous tenons cette dernière à la disposition de ceux qui nous en ferons la demande; prix, 0,25 fr).

Concours de 1914 pour l'admission d'élèves ingénieurs à l'école supérieure des postes et des télégraphes. — Art. 1ᵉʳ. — Un concours pour l'admission de deux élèves ingénieurs à l'école supérieure des postes et des télégraphes aura lieu à Paris au mois d'octobre 1914. Un arrêté ultérieur en fixera la date exacte.

Art. 2. — Sont admis à prendre part au concours :

1° Les agents des postes et des télégraphes comptant au moins deux ans de services rétribués et âgés au plus de trente ans au 1ᵉʳ janvier 1914;

2° Les candidats étrangers à l'administration réunissant les conditions spécifiées à l'article 4 ci-après.

Art. 3. — Les chefs de service sont chargés d'instruire les demandes formulées par les agents des postes et des télégraphes; ils font connaître les cours que ces agents auraient pu suivre avec l'autorisation de l'administration.

Art. 4. — Les candidats étrangers à l'administration doivent être Français, avoir satisfait aux obligations de la loi militaire et être âgés de vingt-six ans au plus au 1ᵉʳ janvier 1914.

Les demandes d'admission sont adressées à l'administration centrale des postes et des télégraphes (Direction du personnel. — Enseignement).

Chaque candidat joint à sa demande :

1° Un extrait de son acte de naissance et, s'il y a lieu, son acte de naturalisation;

2° Un certificat de bonne vie et mœurs délivré par les autorités du lieu de son domicile et dûment légalisé;

3° Un extrait de son casier judiciaire;

4° Un certificat émanant d'un médecin assermenté de l'administration et constatant que le candidat est de bonne constitution, qu'il n'a aucune infirmité apparente ou cachée, qu'il n'est pas atteint de tuberculose confirmée ou douteuse et qu'il a été vacciné ou revacciné depuis moins de six ans;

5° Une pièce établissant qu'il a satisfait aux obligations de la loi sur le recrutement de l'armée.

Art. 5. — Les demandes devront parvenir à l'administration centrale avant le 1ᵉʳ septembre 1914.

Chaque candidat indiquera dans sa demande les langues étrangères sur lesquelles il désire être interrogé.

Art. 6. — Les candidats sont tenus, sous peine d'exclusion du concours, de se présenter aux heures déterminées par le président du jury d'admission. Ils ne peuvent conserver, pour leurs compositions écrites, qu'une table de logarithmes et une règle à calcul. Ceux qui utiliseraient d'autres documents seraient exclus du concours.

Toute communication entre eux ou avec l'extérieur leur est interdite.

Art. 7. — Le présent arrêté sera déposé au Ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes (secrétariat administratif) pour être notifié à qui de droit.

Nouveau projet de loi sur les brevets d'invention. — Un projet de loi portant modification de la loi du 5 juillet 1844 sur les brevets d'invention est actuellement soumis à l'approbation du Parlement. Ce projet s'est largement inspiré des travaux de spécialistes, notamment des rapports de l'Association française des ingénieurs-conseils en matière de propriété industrielle. Nous nous proposons de mettre en évidence les principales modifications proposées.

Possession personnelle. — Une jurisprudence constante décide actuellement que celui qui peut établir qu'il a exécuté l'invention, sans la publier, avant la prise du brevet, peut continuer à l'exploiter même après la délivrance de ce brevet. Le projet de loi accorde au breveté un droit exclusif d'exploitation sans qu'aucune exception de possession personnelle puisse faire échec à ce droit exclusif.

Durée. — La durée des brevets sera de vingt années au lieu de quinze.

Taxe. — La taxe annuelle, qui est actuellement de 100 fr, sera progressive et fixée à 25 fr pour la première année, avec augmentation de 25 fr chaque année.

Priorité. — La demande de brevet devra indiquer la date et le pays du premier dépôt étranger.

Additions. — Les additions suivront le sort du brevet principal; par exception et dans le seul cas où le brevet périt pour défaut de nouveauté, elles lui survivront, à la condition que les annuités continuent à être payées comme si le brevet restait valide.

Cession. — La cession n'est opposable aux tiers sous le régime actuel que si une triple formalité a été accomplie; 1° paiement de toutes les annuités à échoir; 2° rédaction d'un acte authentique; 3° enregistrement du contrat au Conseil de Préfecture.

Le projet de loi supprime les deux premières formalités et dispose que l'enregistrement se fera à l'Office national de la Propriété industrielle.

Saisie. — Le projet de loi prévoit une procédure efficace et relativement simple pour la saisie-arrêt et l'adjudication publique des brevets, tandis que sous le régime actuel la saisie-arrêt d'un brevet est impossible en pratique.

Déchéance. — Le breveté devra verser une taxe supplémentaire de 10 francs s'il paye son annuité dans le délai de tolérance de trois mois.

Le breveté devra mettre en exploitation son invention en France dans le délai de trois ans à dater du jour du dépôt de sa demande et ne pas cesser de l'exploiter pendant trois années consécutives.

La quantité des objets brevetés fabriqués en France devra être au moins double de celle des objets importés.

Mentions. — La mention sans garantie du Gouvernement sera supprimée. Un industriel ne pourra prendre la qualité de breveté que s'il possède un brevet régulier et non encore expiré; il devra indiquer le numéro d'un de ses brevets au moins.

Actions. — Les actions auxquelles peuvent donner lieu les brevets peuvent se classer en quatre catégories :

1° Actions en contrefaçon;

2° Actions principales en nullité et en déchéance;

3° Actions incidentes en nullité et en déchéance;

4° Actions relatives à la propriété des brevets.

Les actions en contrefaçon et les actions principales en nullité et en déchéance demeurent, comme par le passé, de la compétence exclusive des tribunaux civils.

Les actions incidentes en nullité et en déchéance et les actions relatives à la propriété des brevets rentreront dans le droit commun. Si un litige de cette nature s'élève entre commerçants, la juridiction commerciale, dans tous les cas prévus par l'article 631 du Code de Commerce, sera compétente pour en connaître.

Cette modification importante de compétence est grosse de conséquences et donnera lieu au Parlement à une vive discussion.

Contrefaçon. — L'article 40 actuel punit ceux qui, même de bonne foi, portent atteinte aux droits du breveté par fabrica-

La suite page 247.

tion ou par usage. Le nouveau texte permet aux contrefacteurs par fabrication ou par usage d'exciper de leur bonne foi mais spécifie :

1° Que le délinquant devra prouver sa bonne foi;

2° Que l'ignorance alléguée d'un brevet régulièrement publié ne pourra, à elle seule, être invoquée comme preuve de bonne foi;

3° La bonne foi ne dispensera pas le contrefacteur de réparer par des dommages-intérêts le préjudice qu'il a occasionné au breveté.

Complicité. — L'article 41 nouveau dispose que ceux qui auront sciemment récélé, vendu, exposé ou mis en vente sur le territoire français un ou plusieurs objets contrefaits et tous complices seront punis des mêmes peines que les contrefacteurs.

Ce nouveau texte en ajoutant « et tous complices » atteint donc tous ceux qui rentrent dans les termes de l'article 60 du Code pénal.

Ce projet de loi, après certaines retouches relatives notamment à la possession personnelle et la compétence du tribunal de commerce pour certaines actions, respecte les principes fondamentaux du contrat social entre la collectivité et l'inventeur mentionnés dans la loi remarquable du 5 juillet 1844 et apporte à cette loi des modifications heureuses qui la rajeunissent et la mettent en harmonie avec les tendances modernes et les règles internationales en matière de propriété industrielle. Il nous semble mériter dans son ensemble l'approbation du Parlement. DUPONT et ELLUIN.

PERFECTIONNEMENTS

DES APPAREILS AUTOMATIQUES

pour éclairage public, cages d'escaliers, vitrines, etc.

L'emploi des appareils automatiques (interrupteurs horaires) a été peu fréquent jusqu'à ce jour par suite de l'inconvénient qui était de remonter les appareils une, même deux fois par mois et de modifier les dispositifs de contact de l'horloge suivant les saisons.

Les nouveaux appareils système Schroeder [1] semblent parer à tous ces inconvénients, ainsi que nous allons le voir.

L'interrupteur horaire modèle AE est muni du remontage automatique du mouvement d'horlogerie et d'un dispositif ingénieux, mais très simple, réglant les heures d'éclairage d'après le calendrier astronomique. Cet interrupteur fonctionne donc automatiquement sans jamais avoir besoin d'un entretien quelconque. Avec ces appareils on peut obtenir soit une, soit deux périodes d'éclairage dans les vingt-quatre heures. Les appareils pour faibles intensités sont munis d'un interrupteur rotatif à rupture brusque, les modèles à partir de 30 ampères sont combinés avec un relais faisant fonctionner automatiquement des interrupteurs à levier très robustes garantissant une résistance absolue.

Utilisé pour l'éclairage de cages d'escaliers, cet interrupteur horaire automatique permet à la Centrale de fournir le courant pour les escaliers à forfait sans placer ni compteur ni limiteur. Le client payera une location pour l'appareil automatique et un tant par lampe installée; aucun travail d'entretien en résultera pour la Centrale. — Une variante de cet appareil est l'horloge automatique modèle TE avec minuterie, permettant d'obtenir un éclairage de quelques minutes pendant toute la nuit. En résumé, les fonctionnements obtenus par l'horloge automatique TE sont les suivants : Automatiquement, les lampes de l'escalier s'allument à la tombée de la nuit et s'éteignent toutes à une heure fixée d'avance (22 heures par exemple). A partir de ce moment, c'est une minuterie comme dit plus haut, et l'on allume de chaque étage, pour quelques minutes, en pressant sur un bouton; pendant le jour le courant est coupé complètement. Tout le fonctionnement a lieu automatiquement, sans entretien.

A mentionner encore les minuteries Z et « ZL », que l'on installe surtout dans les maisons avec concierge. Les deux modèles sont à remontage automatique, le premier (Z) avec, l'autre (ZL), sans mouvement d'horlogerie. Ces minuteries provoquent un éclairage intermittent (durée réglable dans les limites de 1 à 5 minutes) en appuyant sur un bouton; elles offrent l'avantage très appréciable de permettre la prolongation de la durée d'éclairage en répétant la pression sur un bouton.

Les appareils automatiques « Schroeder », qui ont obtenu à Strasbourg, en 1912, une médaille d'or, ont remporté à Turin, en 1911, un diplôme d'honneur.

H. BRUCKER.

[1] *P. de Bellefontaine*, représentant général, 10, rue Poncelet, Paris.

SOCIÉTÉS

Compagnie générale des Omnibus de Paris. — Société anonyme française. (Statuts déposés chez Me Mahot de la Quérantonnais, notaire à Paris.)

Siège social : à Paris, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins (6e arrondissement).

Objet : la Société a pour objet l'exploitation de toutes voitures de transport en commun, dites omnibus et tramways, dans Paris et sa banlieue, conformément aux dispositions des traités et cahiers des charges convenus avec la ville de Paris, et de tous autres services d'omnibus et de tramways, ainsi que de tous autres modes de transport en commun.

Durée : jusqu'au 31 décembre 1955.

Capital social : le capital social est actuellement de 80 millions de francs divisé en 160000 actions de 500 francs chacune, entièrement libérées, sur lesquelles 54000 ont été amorties et remplacées par des actions de jouissance.

Nota. — Une assemblée générale extraordinaire a été convoquée pour le 25 octobre 1913, à l'effet de statuer notamment sur une augmentation de capital de 20 millions de francs par l'émission de 40000 actions nouvelles au capital nominal de 500 francs, payables un quart à la souscription, et le surplus, au plus tard, le 31 décembre 1913.

Répartition des bénéfices : l'année sociale commence le 1er janvier et finit le 31 décembre.

Sur les bénéfices nets, il est prélevé :

5 pour 100 pour constitution du fonds de réserve légale;

Sur la proposition du conseil d'administration, une somme nécessaire pour payer aux actionnaires un premier dividende de 5 pour 100 sur les sommes dont leurs actions sont libérées et non amorties;

Une somme qui sera fixée par l'assemblée générale et ne pourra, en aucun cas, être inférieure à 5 pour 100 des bénéfices nets, destinée à l'amortissement des actions de capital.

Le solde (après déduction de la part de bénéfices qui pour-

rait revenir à la ville de Paris, par application des traités) sera réparti aux actions de capital et de jouissance, sauf la portion qui serait mise en réserve et celle qui serait reportée à nouveau.

Obligations : La compagnie a émis :

1° 251243 obligations de 500 francs à 3,5 pour 100, 4 pour 100 et 4,5 pour 100, qui sont toutes amorties;

2° Et 170000 obligations de 500 francs, 4 pour 100, remboursables en trente-six ans, à partir du 1er janvier 1916. La compagnie est encore autorisée à émettre des obligations jusqu'à concurrence d'une somme effective de 2492000 francs, formant reliquat des emprunts autorisés par les assemblées des 31 mai 1911 et 24 mai 1912.

Nota. — L'assemblée générale extraordinaire convoquée pour le 25 octobre 1914 a été appelée à donner une autorisation pour un emprunt complémentaire d'un capital effectif de 20 millions de francs.

Aux termes de l'article 45, § 4, des statuts, pendant la période de transformation des modes de traction et jusqu'au 31 décembre 1914 au plus tard, on portera, au compte de premier établissement :

Les sommes nécessaires pour assurer aux actions de capital, en cas d'absence ou d'insuffisance de bénéfices, un intérêt qui sera fixé par l'assemblée générale sur la proposition du conseil d'administration, à raison de 4 pour 100 l'an au moins et de 5 pour 100 au plus, et, s'il y a lieu, les pertes d'exploitation et l'intérêt des emprunts.

Administration : les administrateurs ont droit à une rémunération qui est déterminée par l'assemblée générale et qui peut comporter une part proportionnelle aux bénéfices.

Assemblées générales : les actionnaires sont réunis chaque année en assemblée générale par le conseil d'administration avant la fin du mois de mai, aux jour, heure et lieu désignés dans la convocation faite quinze jours avant la réunion, par un avis inséré dans deux journaux de Paris désignés pour la publication des actes de société.

Des assemblées générales peuvent être convoquées extraordinairement, soit par le conseil d'administration, soit par les commissaires, en cas d'urgence.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912

Actif.

Dépenses nouvelles de premier établissement et travaux en cours	77 881 810,70 fr.
Chevaux, voitures, harnais, machines et matériel	26 572 427,58
Immeubles anciens	45 409 146,35
Tramways (établissement des voies de circulation)	10 532 145,00
Réforme d'éléments d'actif par suite de la transformation	57 210 516,71
Caisse, Banque de France, reports, etc	6 505 977,18
Approvisionnements	21 102 755,46
Débiteurs	5 560 545,02
Nue-propriété de 16 500 fr de rente, 3 pour 100	510 728,80
Total	229 373 849,58 fr.

Passif.

126000 actions	63 000 000,00 fr.
34000 actions amorties	17 000 000,00
100 000 obligations de 500 fr, 4 pour 100	46 707 929,11
Cautionnement	538 199,18
Créditeurs divers	19 381 280,96
Fonds d'assurances	609 896,99
Réserve	5 549 591,92
Réserve légale	462 802,17
Réserve d'amortissement provenant du remboursement d'obligations	74 742 519,51
Solde créditeur du compte de profits et pertes	5 581 996,74
Total	229 373 849,58 fr.

Société anonyme du secteur électrique Victor Hugo. — Législation française.

Siège social : 62, rue Saint-Didier, Paris.

Objet : Toutes entreprises relatives à la production, l'utilisation, la vente de l'électricité, fabrication, achat, vente et installation de tout matériel concernant l'emploi de l'eau, l'air comprimé et l'électricité.

Durée : 50 ans du 4 août 1913.

Capital : 215000 francs divisé en 2150 actions de 100 fr chacune, dont 500 entièrement libérées attribuées à M. Reimers en représentation de ses apports.

Répartition des bénéfices : 5 pour 100 à la réserve légale; 5 pour 100 à titre de premier dividende aux actions de numéraire. Somme suffisante à fixer par les assemblées générales et pour constituer les réserves extraordinaire et d'amortissement.

Sur le surplus, 90 pour 100 à toutes les actions proportionnellement aux sommes dont elles sont libérées, 10 pour 100 au conseil.

L'assemblée générale ordinaire se réunit chaque année avant la fin de décembre à Paris au lieu indiqué par la convocation dans un journal d'annonces légales du département de la Seine.

Société anonyme pour l'éclairage de Bugeat. — Société anonyme constituée conformément aux lois françaises.

Statuts déposés chez M. Chabrol, notaire à Bugeat.

Siège social à Bugeat.

Objet : Produire et vendre la force électrique, la lumière électrique, installer l'éclairage électrique à Bugeat et ailleurs, acheter et revendre les appareils nécessaires pour les causes ci-dessus.

Durée, 30 ans. Capital social, 30000 francs en 300 actions de 100 francs. Les administrateurs ne reçoivent aucune indemnité. Pas d'apport ni de part de fondateur. Il n'a pas encore été dressé de bilan. Convocation des assemblées générales par une insertion 15 jours à l'avance par un avis inséré dans un journal d'annonce légales de la Corrèze.

Réduction du capital social à 25000 francs par le rachat de 50 actions; émission d'un emprunt de 8000 francs représenté par 160 obligations nominatives de 50 francs chacune, au taux de 5 pour 100.

BIBLIOGRAPHIE

L'éclairage électrique des automobiles, par Léo Robida. — *Bibliothèque Omnia.*

L'éclairage électrique se répand de plus en plus dans l'automobile. Comme dans les autres industries, l'électricité y fait apprécier sa souplesse, sa propreté, sa commodité, sa permanence.

Aujourd'hui les grands industriels font de bonnes dynamos, qui donnent toute satisfaction. Il était donc intéressant de réunir en une brochure les données du problème de l'éclairage, les raisons pour lesquelles il diffère notablement de l'éclairage des habitations, et les principales solutions qui ont été proposées et adoptées.

Après avoir exposé en détail les conditions dans lesquelles doit fonctionner la dynamo d'éclairage d'une automobile, l'auteur a rassemblé la plupart des procédés de réglage qui ont été employés, réunissant ensemble ceux qui ont entre eux le plus d'analogie. Viennent ensuite des études sur les accessoires de l'installation électrique, câbles, phares, etc.

Enfin, quelques monographies de dynamos terminent l'ouvrage. Elles sont choisies parmi les plus répandues de chacun des principaux types auxquels peuvent se rapporter presque toutes les dynamos existantes.

C'est là un ouvrage excellent et plein d'actualité.